

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**Přírodovědecká fakulta**

Katedra antropologie a genetiky

Studijní program: Biologie (navazující magisterské studium)

Studijní obor: Antropologie a genetika



Bc. Vojtěch Fikar

# **OSTEOBIOGRAFIE RANĚ STŘEDOVĚKÉHO BOJOVNÍKA Z POHANSKA**

## **OSTEOBIOGRAPHY OF EARLY MEDIEVAL WARRIOR FROM POHANSKO**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: doc. Mgr. Vladimír Sládek, Ph.D., HDR

Praha 2016

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 2. 5. 2016

.....  
Bc. Vojtěch Fikar

## Poděkování

Mému školiteli, doc. Mgr. Vladimíru Sládkovi, Ph.D., za vedení mé práce, podporu, ochotu, všestrannou pomoc, cenné rady a trpělivost.

Kolegům z laboratoře antropologie kostní tkáně zvláště Veronice Sabolové, M. Sc., Mgr. Elišce Schuplerové, Bc. Simoně Čerevkové, Bc. Davidu Vondráškovi a Michalu Struskovi, za všestrannou pomoc a ochotu, cenné rady, postřehy a názory.

Akademickým pracovníkům RNDr. Petře Havelkové, Ph.D., prof. Mgr. Jiřímu Macháčkovi, Ph.D., Mgr. Petru Dreslerovi, Ph.D. a Mgr. Margit Berner Ph.D., za poskytnutí dat z jejich výzkumů, které byly pro mou práci neocenitelné.

Mému bratrovi Ing. Ondřeji Fikarovi, za pomoc s matematickými problémy. Mgr. Eve Hajznerové a Mgr. Kateřině Ešnerové za korekturu textu. Za podporu děkuji také rodině a blízkým.

## **Abstrakt**

Cílem této práce bylo sestavit osteobiografický profil dvou jedinců z raně středověké lokality Kostice-Zadní hrúd, kteří byli na základě hrobové výbavy identifikováni jako bojovníci. Abychom si udělali představu o raně středověkých bojovnících a měli vybrané jedince s čím porovnávat, snažili jsme se také zjistit, jaká byla charakteristika raně středověkých bojovníků Velké Moravy. Jako srovnávací soubor běžné populace a bojovníků byli vybráni jedinci z raně středověké lokality Pohansko-Břeclav. Metody, které jsme využili pro získání osteobiografického profilu, byly sledování entezopatických změn svalových úponů, analýzy transversálních průřezů dlouhých kostí a Fourierovi analýzy morfologie acetabula. Ze souboru bojovníků Pohanska-Břeclavi se zdá, že tito byli jezdci, cvičili se v boji zblízka, nenosili těžkou ochrannou zbroj a necvičili se ve střelbě z luku. Ze dvou jedinců zařazených do studie mohl být kvůli špatné zachovalosti hodnocen pouze jedinec KZH H003. Jednalo se o muže menšího vzrůstu, příliš těžce fyzicky nepracujícího, který se ale nejspíše cvičil v boji s mečem, lukostřelbě a jezdil na koni.

**Klíčová slova:** Acetabulum, bojovníci, CSG, entezopatie, Fourierova analýza, raný středověk, osteobiografie

## **Abstrakt**

The aim of this thesis was to construct an osteobiographical profile of two individuals from the early medieval locality of Kostice-Zadní hrád, identified, on the basis of grave inventory, as warriors. In order to obtain a clear picture of early medieval warriors and to provide a basis for comparison, we also tried to find out what characterised an average early medieval Great Moravian warrior. Individuals from the early medieval locality Pohansko-Břeclav were chosen as comparative samples of regular population and warriors. The following methods were used to construct an osteobiographical profile: tracking of enthesal changes of muscle attachments, analyses of cross-sectional geometry of long bones and a Fourier analysis of acetabular morphology. We found out that warriors from Pohansko-Břeclav were horse riders trained in close combat, they did not wear heavy armour and did not train with bow. Due to bad preservation, only one of the individuals subject to our study, the individual labelled KZH H003, could be analysed. The man was short in stature, he did not perform hard manual work, but he trained with sword and bow and rode a horse.

**Klíčová slova:** Acetabulum, Warriors, CSG, enthesal changes, Fourierova analysis, early medieval, osteobiography

## Obsah

1. Úvod .....	7
1.1. Osteobiografie .....	8
1.2. Archeologie Pohanska u Břeclavi .....	9
1.3. Velká Morava .....	10
1.4. Raně středověký bojovník .....	11
1.4.1. Velkomoravský bojovník .....	11
1.4.2. Avarský bojovník .....	11
1.4.3. Francký bojovník .....	12
1.4.4. Modely raně středověkých bojovníků .....	12
1.4.4.1. Model 1: Lehkooděný jezdec .....	13
1.4.4.2. Model 2: Těžkooděný jezdec .....	13
1.4.4.3. Model 3: Rolnický branec .....	14
1.5. Projevy specifických činností na kostře .....	14
1.5.1. Jízda na koni .....	14
1.5.2. Zbroj .....	15
1.5.3. Zbraně .....	15
1.5.4. Boj na krátkou vzdálenost .....	15
1.5.5. Hod zbraní .....	16
1.5.6. Lukostřelba .....	16
2. Cíle .....	17
3. Materiál .....	18
4. Metody .....	19
4.1. Archeologické metody .....	19
4.1.1. Analýza hrobového inventáře .....	19
4.2. Paleodemografické metody .....	19
4.2.1. Odhad pohlaví .....	19
4.2.2. Odhad věku .....	20
4.2.3. Odhad výšky a hmotnosti .....	21
4.3. Metody rekonstrukce fyzické aktivity .....	22
4.3.1. Entezopatické změny svalových úponů .....	22
4.3.2. Analýza transverzálního průřezu dlouhých kostí .....	24
4.4. Metody analýzy morfologie acetabulárního okraje .....	26
4.4.1. Fourierova analýza morfologie acetabulárního okraje .....	26

4.4.2.	Odhad pohlaví na základě Fourierovi analýzy acetabulárního okraje .....	29
5.	Výsledky .....	31
5.1.	Archeologické metody .....	31
5.2.	Paleodemografické metody .....	31
5.2.1.	Odhad pohlaví .....	31
5.2.2.	Odhad věku .....	32
5.2.3.	Odhad výšky a hmotnosti .....	32
5.3.	Metody rekonstrukce fyzické aktivity .....	32
5.3.1.	Entezopatické změny svalových úponů: Specifické činnosti .....	32
5.3.1.1.	Jízda na koni .....	32
5.3.1.2.	Nošení zbroje .....	34
5.3.1.3.	Boj na krátkou vzdálenost .....	35
5.3.1.4.	Hod zbraní .....	37
5.3.1.5.	Lukostřelba .....	37
5.3.1.6.	Bojovníci Pohanska-Břeclavi .....	38
5.3.2.	Entezopatické změny svalových úponů: Osteobiografie .....	38
5.3.3.	Analýza transverzálních průřezů dlouhých kostí .....	40
5.3.4.	Fourierova analýza morfologie acetabulárního okraje .....	41
5.4.	Odhad pohlaví na základě Fourierovi analýzy morfologie acetabulárního okraje .....	42
5.4.1.	Pohlavní rozdíly v morfologii acetabula .....	42
5.4.2.	Klasifikace pohlaví .....	43
6.	Diskuse .....	44
6.1.	Paleodemografie .....	44
6.2.	Entezopatie .....	45
6.3.	Fourierova analýza morfologie acetabula .....	48
6.4.	Analýza transverzálních průřezů dlouhých kostí .....	50
7.	Závěr .....	53
8.	Seznam použité literatury .....	55
9.	Internetové zdroje .....	62
10.	Přílohy .....	63
10.1.	Seznam zkratk .....	63
10.2.	Tabulky .....	65
10.3.	Grafy .....	85
10.4.	Obrázky .....	120
10.5.	Skripty .....	145

## 1. Úvod

V roce 2009 byl archeology Ústavu archeologie a muzeologie Filozofické fakulty Masarykovy univerzity v Brně započat výzkum polykulturní lokality Kostice-Zadní hrúd (Dresler et al., 2014), nedaleko známého raně středověkého naleziště Pohansko-Břeclav (Dresler, 2010). V průběhu vykopávek narazili archeologové na poměrně nezvyklou situaci. Archeologové odkryli zemnici vybavenou kamennou pecí. Pod podlahou zemnice byl pohřbený pes a ve vzdálenosti 10 m od domu se nacházel osamocený hrob. Do hrobu byly spolu se zemřelým uloženy také ostruhy a pro raně středověkou Velkou Moravu typická sekyra zvaná „bradatice“ (viz obr. 1). Hrob byl milodary datován do 9. století našeho letopočtu (Macháček et al., 2013).

Aby byla situace ještě zajímavější, velmi podobný nález učinili archeologové na lokalitě Kostice-Zadní hrúd znovu v roce 2013. Opět byla odhalena zemnice vybavená kamennou pecí, opět byl pod podlahou domu pohřben pes a opět, tentokrát ve vzdálenosti pouhých 3 metrů od stavby, byl odkryt hrob. Zemřelý utrpěl závažnou, nejspíše smrtelnou zlomeninu levé stehenní kosti a u pravého boku měl uložený železný meč v dřevěné pochvě (Dresler and Macháček, 2014) (viz obr. 2).

Na základě archeologických pramenů se tedy dozvídáme, že byly odhaleny pohřby dvou velkomoravských bojovníků, mimo centrální pohřebiště. Zda tito jedinci domy s pohřbenými psy skutečně za života obývali, můžeme pouze spekulovat. Oba bojovníci nejspíš jezdili na koni, jeden měl u sebe ostruhy, druhý utrpěl zranění spojované s pádem z koně (Macháček et al., 2013; Dresler and Macháček, 2014). Na jaké otázky nám ale může odpovědět antropologie? Tito dva jedinci měli v hrobě zbraně, ale byli to skutečně muži? Jak byli staří, když zemřeli? Byli to skutečně aktivní jezdci na koni nebo byly ostruhy více odznakem postavení než skutečně praktickou pomůckou pro jízdu? Meč byla drahá a prestižní záležitost (Klučina, 2004), cvičil s ním zemřelý, nebo ho zdědil spolu se svým postavením, v boji ho téměř nepoužil a ostatním pouze připomínal jeho postavení?

V prvních kapitolách bude představen pojem osteobiografie, stučná historie archeologických výzkumu týkající se oblasti Pohanska, a bližší informace o nálezové situaci obou bojovníků. Následující kapitoly se budou zabývat historickými poznatky o bojovnících raného středověku, na jejichž základě byli vyvozeny hypotézy, které byly v práci testovány. Vyvozené závěry jsou blíže představeny v kapitolách o projevech specifických činností na kostře a teoretický základ sběru dat v kapitolách týkajících se metod.



## 1.1. Osteobiografie

Trendem v bioarcheologii a antropologii minulých populací jsou spíše studie na úrovni populací nežli evolučních adaptací lidského rodu (Stodder and Palkovich, 2012). Příkladem by mohla být například publikace z řady *Studien zum Burgwall von Mikulčice*, která se zaměřila na populační studie, tedy rekonstrukci života na úrovni komunity, velkomoravských obyvatel této jedinečné lokality (Velemínský and Poláček, 2008), nebo práce týkající se samotného Pohanska u Břeclavi, kterým se zabýváme i v této práci (Sládek et al., 2015). Osteobiografie si oproti tomu klade za cíl přiblížit život jedince. Příkladem je studie *The Axed Man of Mosfell: Skeletal Evidence of a Viking Age Homicide, the Icelandic Sagas, and Feud*, zaměřená na rekonstrukci života konkrétního jedince, jejíž autoři se mimo jiné pokoušejí provázat bioarcheologická data s písemnými prameny islandských ság (Walker et al., 2012), či studie zabývající se slavným ledovým mužem Ötzi (Ruff et al., 2006b). Tento přístup se snaží vnést jakýsi „lidský aspekt“ do jinak spíše matematických dat (Saul and Saul, 1989; Stodder and Palkovich, 2012).

V našem případě se budeme pohybovat někde na pomezí mezi oběma přístupy. Cílem osteobiografie je vrátit jedincům jejich podobu na základě zjištěných antropologických dat. Protože se ale zaměřujeme na raně středověké bojovníky, musíme také vědět, jak raně středověcí bojovníci vypadali, abychom pro osteobiografii získali srovnání. Pokusíme se tedy zrekonstruovat bioarcheologický profil raně středověkého bojovníka a s tímto profilem pak porovnat vybrané jedince.

V této práci jsme se tedy pokusili sestavit osteobiografický profil jedinců KZH H001 a KZH H003, kteří byli na základě hrobové výbavy identifikováni jako příslušníci třídy bojovníků, neboť se v jejich hrobech nacházely zbraně (Macháček et al., 2013; Dresler and Macháček, 2014). Je ovšem třeba mít na paměti, že hrobová výbava nutně neodráží minulou skutečnost, jak upozorňuje Evžen Neustupný (Neustupný, 2010), nelze tedy pominout možnost, že meč či sekera u těchto jedinců nebyly prakticky používanými zbraněmi, ale například odznakem jejich postavení. Pro účely této práce vybrané jedince KZH H001 a H003 považujeme za bojovníky, ale zároveň jsme chtěli zjistit, jestli můžeme toto tvrzení doložit antropologickými daty.

Pokud budeme zkoumaného jedince tedy považovat za příslušníka třídy bojovníků, lze předpokládat, že z tohoto postavení vyplývaly určité povinnosti. Aby mohl jedinec plnit svoji roli bojovníka, musel se na ni připravovat a to nejspíše již brzy ve svém životě (Sparacello et al., 2015). A právě vytvořením osteobiografického profilu jedince, díky

sledování projevů specifických činností na kostře, bychom mohli získat představu, jak vypadal život bojovníka v raném středověku a jak nebo jestli se lišil od běžné populace.

## **1.2. Archeologie Pohanska u Břeclavi**

Pohansko je archeologická lokalita nacházející se ve vzdálenosti přibližně 2 km od města Břeclav. Vědecký výzkum tohoto naleziště probíhá již od roku 1959 pod dohledem Ústavu archeologie a muzeologie Filozofické fakulty Masarykovy univerzity v Brně (Dostál, 1971; Dresler, 2010). Za více než padesát let výzkumů byla prozkoumána plocha větší než 140 000 m<sup>2</sup> (viz obr. 3), bylo objeveno více jak 1000 zahloubených objektů různého účelu, od hospodářských po obytné či sakrální, a více jak 1000 kostrových hrobů (Macháček, 2005; Macháček et al., 2014).

Doklady osídlení Pohanska jdou až do období pravěku (Macháček et al., 2014). Osídlení z období středověku dokládá menší zemědělská osada se žárovým pohřebiště, která existovala v době příchodu Slovanů na naše území mezi 6. – 8. stoletím (Dostál, 1982, 1985). Rozkvět ovšem nastal hlavně v raném středověku mezi 6. – 10. stoletím (Macháček, 2013).

Malá zemědělská osada se mezi 6. až 9. století rozrostla v mohutnou raně středověkou aglomeraci na ploše 50–60 ha, jejíž část o rozloze 28 ha byla chráněná mohutnou fortifikací tvořenou hliněným valem s dřevěnou konstrukcí a čelní kamennou plentou dosahující výšky až 6 metrů (Dostál, 1979; Macháček, 2005). Stejně jako u dalších aglomerací Velké Moravy dochází v první polovině 10. století k redukci a nakonec i opuštění lokality (Macháček, 2005, 2012).

Mezi nejvýznamnější objevy jsou považovány dvě polohy se sakrálními stavbami (viz obr. 4). Takzvaný velmožský dvorec je čtvercový prostor o rozloze 1 ha ohrazený palisádou, spojovaný právě se sídlem velmože či panovníka. V prostoru dvorce se nacházely obytné objekty s kamennou nebo maltovou podezdívkou, tak objekty hospodářského charakteru a sakrální stavba s pohřebištěm (Dostál, 1975). V roce 2007 byl pak v prostoru severovýchodního předhradí objeven takzvaný kostel číslo 2. Jedná se o velkomoravskou rotundu s pohřebním areálem o 154 jedincích (Macháček et al., 2014).

V prostoru označeném jako Lesní školka (viz obr. 3), byl také identifikován rozsáhlý řemeslnický areál. Archeologické doklady poukazují na rozličné činnosti od textilní výroby až po kovářství či šperkařství (Macháček et al., 2007). V tomto prostoru se nenacházelo centralizované pohřebiště, i zde však byly zjištěny ojedinělé pohřby typické chudou výbavou (Dostál, 1982; Macháček, 2005).

Rozsáhlé oblasti sídlištních aktivit byly zjištěny na severním i jižním předhradí (viz obr. 3). Nálezy ostruh a militarií v četných hrobech předhradí by mohly naznačovat, že se jednalo o oblast, kde měla své zázemí jízdní družina místního velmože (Vignatiová, 1980, 1992, 1993; Macháček, 2005).

Samotné Pohansko a jeho nejbližší okolí se nacházelo v nivě řeky Dyje (viz obr. 5), která neposkytuje příliš dobré podmínky pro zemědělství (Macháček, 2012). Pohanská aglomerace tedy nemůže být díky své rozloze a umístění považována za soběstačnou. Z těchto důvodů se muselo Pohansko nejspíš spoléhat na rozsáhlou síť zemědělských osad situovaných na pomezí říční nivy. Takovou zemědělskou osadou mohli být například Kostice-Zadní hrúd (Dresler and Macháček, 2008; Dreslerová et al., 2013).

V kontextu této práce je třeba se také blíže seznámit s lokalitou Kostice-Zadní hrúd, kde byl v roce 2009 objeven jedinec KZH H001 a v roce 2013 jedinec KZH H003. Lokalita byla archeologicky zkoumána mezi lety 2009–2011 (Macháček et al., 2013) a 2013 Ústavem archeologie a muzeologie Filozofické fakulty Masarykovy univerzity v Brně (Dresler and Macháček, 2014). Zkoumaná oblast Kostice-Zadní hrúd se nachází na písčité duně na okraji říční nivy řeky Dyje 1,5 km od Pohanska (viz obr. 6). Na odkryté ploše o rozloze 2 941,75 m<sup>2</sup> bylo dokumentováno 187 sídlištních objektů a několik kostrových hrobů (Dresler et al., 2010; Macháček et al., 2013; Dresler and Macháček, 2014).

Na lokalitě Kostice-Zadní hrúd byl odkryty unikátní nálezové situace. Jedná se o pohřby dvou jedinců identifikovaných díky hrobové výbavě, v prvním případě sekyře s ostruhami a v druhém železnému meči, nalezeným v asociaci se zemnicemi, v nichž byl zjištěn pohřeb psa (viz obr. 1 – 2, 7) (Macháček et al., 2013; Dresler and Macháček, 2014).

### **1.3. Velká Morava**

Velká Morava byla mocenský útvar rozkládající se na území dnešní Moravy, Slovenska a Maďarska mezi lety 833–906/7 n. l (Procházka et al., 2011; Macháček, 2013). Velkou Moravu nelze jednoznačně označit za stát jako takový, byla ale prvním křesťanským mocenským útvarem na našem území a o jejím významu svědčí četné kontakty s mocnými státy raného středověku, jak s Byzancí na východě, tak s Franckou říší na západě (Macháček, 2005, 2013; Třeštík, 2010). O existenci a významu Velké Moravy nám svědčí četné písemné prameny, jako jsou legendy o Cyrilu a Metodějovi, Kristiánova legenda, či prameny francké provenience (Třeštík, 2010).

## **1.4. Raně středověký bojovník**

Tato práce se zaměřuje na vojenství Velké Moravy, tedy konkrétně na to, jak vypadali raně středověcí bojovníci na Pohansku u Břeclavi. Zde narážíme na problém nedostatku soudobých pramenů a to jak písemných, tak ikonografických, které by se vztahovaly přímo k Velké Moravě, a jsme odkázáni zejména na prameny archeologické. Analogie bychom ale mohli najít v historických pramenech týkajících se národů sousedících s Velkou Moravou, s Avary a Byzantskou říší na východě a Franckou říší na západě (Třeštík, 2010). Jak historické, tak ikonografické prameny je ovšem třeba kriticky zhodnotit a posléze aplikovat na prostředí Velké Moravy.

### **1.4.1. Velkomoravský bojovník**

Jedinou ikonografickou památkou Velké Moravy, která by se dala spojit s bojovníky, Velké Moravy je známé terčové kování se sokolníkem (viz obr. 8). Na kování vyobrazená postava sedící na koni je oblečená do oděvu nejspíše představujícího nýty pobitý kabátec, který by se stále dal považovat za lehkou zbroj (Charvát and Maříková-Vlčková, 2008).

Archeologické nálezy například z Pohanska-Břeclavi dokládají zejména přítomnost zbraní, jako jsou meče, sekery či kopí (Dostál, 1971; Vignatiiová, 1993), doklady ochranné výbavy z velkomoravských lokalit jsou pak s výjimkou štítu sporadické (Klučina and Major, 1958). Četné jsou nálezy ostruh, které by mohly poukazovat na význam jízdních bojovníků na Velké Moravě (Procházka et al., 2011). Na základě archeologických pramenů byl typický velkomoravský bojovník vyzbrojený mečem či sekyrou, kopím a štítem, chráněn byl pouze koženým kabátcem a čapkou. Kroužkový pancíř byl pak výsadou pouze velmožů. Jezdecká družina pak mohla být doprovázena branci z řad rolníků, jejichž hlavní zbraní byl luk (Klučina and Major, 1958; Klučina, 2004).

### **1.4.2. Avarský bojovník**

Oblast na východ od našeho území byla v době Velké Moravy osídlena kočovnickými Avary, s nimiž jak Slované, tak Frankové často válčili (Třeštík, 2010; Procházka et al., 2011). Od Avarů samotných písemnými prameny nedisponujeme, ovšem vypovídají o nich zprávy z Byzance a Francké říše. Jádrem avarského vojska tvořila jízda, jejíž předností byla rychlost a mobilita. Nejspíše právě v reakci na jízdní vojsko Avarů tvořili páteř vojsk ostatních národů právě jezdcí (Klučina, 2004).

Co se výbroje a výstroje avarských bojovníků týká, písemné prameny hovoří o dvou typech jízdních bojovníků (Husár, 2005). Avarští bojovníci se dělili na lehkooděné

a těžkooděné jezdce. Výzbroj obou bojovníků tvořil meč či sekera, kopí a luk. Lehkooděný a těžkooděný bojovník se lišil typem používané ochranné výstroje. Lehký jezdec byl oděn do lehkého koženého pancíře, těžce oděný jezdec pak do kovového šupinového či kroužkového brnění a hlavu mu chránila kónická přilba (Husár, 2005). Pro naše úvahy o tom, jak vypadali bojovníci Velké Moravy, je třeba zmínit, že těžká jízda tvořila jádro vojska avarského kaganátu zejména v jeho starších fázích a postupem času hlavně v závěru kaganátu získávala na významu jízda lehká (Husár, 2005).

V dochovaných ikonografických památkách z avarského prostředí jsou zobrazováni zejména těžce odění jezdci. S výjimkou opaskového nákončí z Komárna-Loděnice (viz obr. 9) jsou všichni vyobrazení bojovníci vybaveni těžkým kroužkovým pancířem, v případě kruhového kování z *Balatonszölös-TSz-istálló* včetně koně (viz obr. 10). Těžko oděný jezdci vyobrazení na nákončí a kování mají hlavu chráněnou přilbou a kroužkovou kapuci (viz obr. 11). Druhé vyobrazení ze zlatého džbánu z *Nagyszentmiklós* má spíše mytologický charakter (viz obr. 11), jezdec sedí na gryfu a nikoliv na koni, i tak ale nejspíš odráží tehdejší představu o jízdním bojovníkovi vybaveném kroužkovou košilí a lukem (Husár, 2005).

#### **1.4.3. Francký bojovník**

Z písemných i ikonografických pramenů Francké říše vyplývá, že jádro francké armády tvořila těžká jízda (viz obr. 12). Dokládají to francké zákoníky ukládající majitelům půdy o dostatečném výměru pozemku, případně skupině majitelů menších pozemků, povinnost vystrojit v případě války takového bojovníka. Plně vyzbrojený jezdec měl být vybaven mečem, saxem, kopím, lukem, štítem, chránila ho kroužková či šupinová zbroj a kovová přilba (viz obr. 12–14). Cena takto plně vybaveného jezdce byla ekvivalentem 32 krav (Klučina, 2004). Existovala ovšem i varianta lehce oděného pěšího bojovníka, který byl vyzbrojen sekerou, kopím, štítem a lukem. Pěšáka měl pouze běžný oděv, hlavu mu mohla ale chránit kovová přilba (viz obr. 15–16). Jádro francké armády tedy tvořili těžkoodění jezdci, vyzbrojeni pro boj zblízka i na dálku, nejednalo se však o jízdní lučištníky jako v případě Avarů, a oděni do těžké zbroje. Jízda pak mohla být doprovázena lehce oděnou pěchotou, která sloužila jako střelecká podpora (Klučina, 2004; Husár, 2005).

#### **1.4.4. Modely raně středověkých bojovníků**

Na základě shromážděných poznatků z archeologie, ikonografie a písemných pramenů o raně středověkých bojovnících jsme sestavili tři možné modely bojovníků (viz

tab. 1). Předpokládáme, že u každého modelu se budou projevovat stopy odlišných činností, a tak je bude možné rozlišit.

#### **1.4.4.1. Model 1: Lehkooděný jezdec**

Model 1 jsme vytvořili na základě archeologických pramenů o výzbroji a výstroji velkomoravských bojovníků. Lehkooděný jezdec byl vyzbrojený mečem či sekerou, kopím, štítem a nosil pouze lehký ochranný oděv z kůže (viz obr. 17). Jedinec odpovídající modelu 1 tedy jezdil na koni, cvičil se v boji s jednoruční zbraní, nenosil těžkou ochranou zbroj a necvičil se v lukostřelbě.

#### **1.4.4.2. Model 2: Těžkooděný jezdec**

Model 2 je těžce oděný jezdec vyzbrojený mečem či sekyrou, kopím a štítem v těžkém kroužkovém nebo šupinovém pancíři a kovové přilbě (viz obr. 18). Stejně jako jedinci odpovídající modelu 1 jezdil na koni, cvičil se v boji s jednoruční zbraní a necvičil se v lukostřelbě, od modelu 1 se model 2 liší používáním těžké ochranné výstroje.

Model těžce oděného jezdce byl do studie zařazen, protože se domníváme, že na základě analogií z oblastí Avarské a Francké říše není možné vyloučit existenci těžké jízdy na Velké Moravě. Aby byla Velká Morava schopná soupeřit se sousedními oblastmi, museli její bojovníci reagovat na výzbroj, výstroj i taktiku okolních skupin. Jádrem armády francké říše tvořila těžká jízda, Avari se spoléhali na těžkou i lehkou jízdu, ale avarskou lehkou jízdu tvořili jízdní lučištníci (Klučina, 2004; Husár, 2005). Lehce odění jezdci, s minimální ochranou výbavou, spoléhající se na zbraně pro boj z blízka by mohli pouze obtížně soupeřit s těžce obrněnými jezdci Franků nebo rychlými lukostřelci Avarů.

Dalším důkazem pro existenci těžké jízdy na Velké Moravě jsou francké zákoníky opakovaně se zmiňující o zbrojním embargu proti Slovanům a Avarům (Klučina, 2004). Zdá se nelogické, aby byl vyhlášen zákaz vývozu zbraní na nepřátelské území jen kvůli několika málo mečům a zbrojím pro hrstku velmožů.

Posledním problémem je absence archeologických dokladů těžkých zbrojí na Velké Moravě. Pořízení zbroje byla nákladná záležitost, pancíř mohl stát jako dva hřebci (Klučina, 2004). S ohledem na velké náklady a případně i problémy s obstaráním zbroje by se dalo počítat s možností, že zbroje se dědily mezi jednotlivými generacemi bojovníků, stejně jako se stávaly kořistí vítězů. Vliv mohlo mít i křesťanství, které postupně směřovalo k minimalizaci hrobové výbavy zemřelých. Vysoké náklady, dědičnost, kořistnictví (Klučina, 2004) či pohřební zvyky mohly vést k situaci, kdy se zbroj nestávala součástí pohřebních darů a doklady jejího užívání se nezachovaly v archeologickém materiálu.

#### 1.4.4.3. Model 3: Rolnický branec

Model 3 reprezentuje příslušníka běžné populace, který se nijak nepřipravoval na bojové aktivity. Jedinci odpovídající modelu 3 šli do boje pěšky se sekyrou, kyjem či lukem v lehkém koženém ochranném oděvu nebo v běžných šatech (viz obr. 19). Jedinci modelu 3 tedy nejezdili na koni, nenosili těžkou ochrannou výstroj, používali jednoruční zbraň pro boj z blízka a cvičili se v lukostřelbě.

### 1.5. Projevy specifických činností na kostře

Kosti reagují na mechanickou zátěž funkční adaptací (Ruff et al., 2006a). Pro rekonstrukci fyzické zátěže jsou nejčastěji využívány metody studia biomechanických vlastností transverzálních průřezů dlouhých kostí a hodnocení entezopatických změn svalových úponů (Villotte, 2006; Ruff, 2007). Ve spojení s poznatky z moderní sportovní medicíny se vědci snaží konkrétní změny kosti spojit se specifickými činnostmi (Pálfi and Dutour, 1996; Havelková, 2010), čehož jsme využili v této práci.

V případě modelů 1, 2 a 3 předpokládáme odlišné projevy na kostře způsobené odlišnou výbavou a chováním. U všech tří modelů se ale zaměřujeme na sledování činností, které spojujeme s aktivitami bojovníků. Zaměřili jsme se na změny spojené s jízdou na koni, nošením těžké zbroje, používáním jednoruční zbraně, štítu a lukostřelby.

#### 1.5.1. Jízda na koni

Modely 1 a 2 jsou jízdní bojovníci, aktivní jízda na koni by je měla odlišovat od modelu 3. V bioarcheologickém kontextu je s pravidelnou jízdou na koni spojován takzvaný „*Horseback riding syndrom*“. Jedná se o entezopatické změny zasahující svalové úpony na dolních končetinách, konkrétně úpon *m. gluteus medius* na *trochanter major*, *m. quadriceps femoris* upínající se na *patelle* a úpony svalů *m. semimembranosus* a *biceps femoris* na *tuberositas ischiadica* (Havelková, 2010; Havelková et al., 2013). Dalšími projevy mohou být například takzvaná „*Rider's bone*“, což jsou projevy stresu v podobě exostóz až fraktur na kosti patní způsobené tvrdými dopady na patu při sesedání z koně (İşcan and Kennedy, 1989). Práce z roku 2000 kolektivu Erickson et al. se zaměřila na odlišnost morfologie acetabula u skupin amerických indiánů před a po domestikaci koně (Erickson et al., 2000). Vyjdeme-li z předpokladu, že jízdní kůň a tedy i jízda na koni byla luxusní záležitostí na Velké Moravě, mohla by být stejná kritéria aplikována i zde.

### 1.5.2. Zbroj

Modely 1 a 3 předpokládají jedince vybavené pouze lehkou ochranou výstrojí. Model 2 je jedinec oblečený do těžké zbroje, v porovnání s modely 1 a 3 byl tento jedinec proto vystaven zvýšené zátěži. S nošením velké zátěže jsou spojovány změny na úponech *m. gluteus maximus* a svalů upínajících se na *linea aspera* (Havelková, 2010).

### 1.5.3. Zbraně

Zbraně používané na Velké Moravě doložené archeologickými a historickými prameny byly meče, sekery, kopí a luk. Pro účely této práce by se pohyby a tedy i projevy na kostře při použití meče a sekery daly ztotožnit. Kopí se v období raného středověku používalo více způsobů a to buď jednoruč bodáním před sebe či shora dolů, případně i obouruč (Husár, 2005). Použití zbraně předpokládáme u všech tří modelů, ale model 1 a 2 jsou jedinci, kteří se na boj speciálně připravovali, a proto u nich očekáváme, že změny spojené s používáním zbraní budou výraznější než u modelu 3.

Při zkoumání raně středověkých bojových technik jsou významné mimo jiné poznatky z moderní sportovní medicíny. Některé moderní sporty by se v archeologickém kontextu daly přirovnat k historickým bojovým aktivitám, jako je boj ve štítové hradbě v případě ragby, máchnutí jednoruční zbraní by mohlo být analogické pohybu při úderu tenisovou raketou (Krejčí and Koch, 1979; Havelková, 2010).

### 1.5.4. Boj na krátkou vzdálenost

Na pravidelnou opakovanou činnost při tréninku či boji se zbraní na blízko by mohly poukazovat entezopatické změny v oblasti úponů *m. biceps* a *triceps brachii*, *m. pectoralis major* a společného začátku flexorů a extensorů předloktí na straně dominantní horní končetiny (Havelková, 2010; Havelková et al., 2013). Součástí výstroje raně středověkého bojovníka byl také štít, s pohybem, který by se dal ztotožnit se zvedáním štítu, by se dal nejspíše spojit deltový sval levé horní končetiny (Čihák, 2011). Protože boj je komplexní činnost zahrnující jak pohyb celého těla, tak pohyb v prostoru, pozorovatelné by mohly být také změny na dolních končetinách. O tréninku v boji z blízka na dolních končetinách by mohly svědčit změny úponů *m. gluteus minus*, *medius* a *m. iliopsoas* (Steen and Lane, 1998; Havelková, 2010).

Na pravidelnou zátěž nereagují pouze svalové úpony, ale i celá kost například změnou v rozložení hutné kostní tkáně. Vysoká asymetrie *Polar second moment of area (J)* by mohla být dokladem pravidelného výcviku s unilaterálně používanou zbraní, který musel



začít již brzy v životě jedince (Rhodes and Knüsel, 2005; Sparacello et al., 2015). Zvětšení robusticity humeru v antero-posteriorním směru odpovídá zvýšenému využívání svalů zodpovědných za flexi a extensi paže. Opakované flexe a extenze by mohly v kontextu raně středověkého bojovníka odpovídat opakovanému sekání mečem či sekerou shora dolů, nebo stejnému pohybu s kopím (Rhodes and Knüsel, 2005).

### **1.5.5. Hod zbraní**

Sekera a kopí však nebyly v raném středověku pouze zbraní pro boj zblízka, tyto zbraně byly také určeny k házení. Dlouhodobý trénink v házení by mohly poukazovat například entezopatické změny v oblasti flexorů zápěstí (HEL) a *m. pectoralis major* na obou končetinách (HGP) (Hamill and Knutzen, 2006; Havelková et al., 2013).

### **1.5.6. Lukostřelba**

Model 3 představuje rolnické brance, kteří teoreticky tvořili hlavně lukostřeleckou podporu jízdního vojska. Naučit se účinné lukostřelbě vyžaduje dlouhý a intenzivní trénink, jak je známo například ze středověké Anglie (Rhodes and Knüsel, 2005; Roth, 2012). Starší studie naznačují, že extenzivní trénink v lukostřelbě zanechá na kostře stopy (Thomas, 2014). Je však otázkou, do jaké míry byla lukostřelba praktikována v celé velkomoravské společnosti, zvláště když doklady z Francké říše uvádějí, že lukem, přestože to nebyla primární zbraň, má být vyzbrojený i těžkooděný jezdec (Klučina, 2004). Je tedy otázkou do, jaké míry by bylo zkoumání znaků lukostřelby vypovídají o naší představě o velkomoravských bojovníků. Přesto jsou zde uvedeny znaky, které na lukostřelbu poukazují. V první řadě pro lukostřelbu pozitivně vypovídá zvýšená robusticita horních končetin v porovnání s končetinami dolními (Thomas, 2014). U jedinců, kteří byli identifikováni jako lučištníci na anglické středověké lokalitě Townton bylo také možné pozorovat zvýšenou robusticitu ve prospěch levého humeru (Rhodes and Knüsel, 2005). Stejně jako u zbraní pro boj z blízka je možné pozorovat změny v hutné kostní tkáni, konkrétně zesílení humeru v medio-laterálním směru. Toto zesílení odpovídá zvýšenému používání svalů zodpovědných za abdukci, addukci a rotaci paže, což je pohyb, který by se dal ztotožnit s opakovaným zdviháním a napínáním luku (Rhodes and Knüsel, 2005). Dále je možné u lukostřelců pozorovat entezopatie na levém *olecranonu* a pravých *tuberculum majus* a *tuberositas radialis* (Havelková et al., 2013; Thomas, 2014).

## 2. Cíle

Cílem předkládané práce je vytvořit osteobiografické profily jedinců KZH H001 a KZH H003 z lokality Kostice-Zadní hrád. Dalším cílem je vytvořit bioarcheologický profil bojovníků raného středověku, se kterým by bylo možné jedince KZH H001 a KZH 003 srovnat. Jako srovnávací soubor byli využiti jedinci z populace raně středověké archeologické lokality Pohansko-Břeclav, pro sestavení bioarcheologického profilu raně středověkých bojovníků byli ze souboru vybráni jedinci, které hrobový inventář identifikuje jako bojovníky. V práci testujeme tři možné modely vzhledu raně středověkých bojovníků. Modely různých typů bojovníků byly vytvořeny na základě historických, archeologických a antropologických pramenů. Vypracované teoretické modely byly následně podrobeny testu na konkrétních jedincích, které hrobová výbava identifikuje jako bojovníky. Tímto způsobem se studie snaží zjistit, jak vypadali raně středověcí bojovníci a jak se lišili od běžné raně středověké populace Pohanska-Břeclavi.

Vycházíme z předpokladu, že příslušnost k elitní třídě bojovníků byla privilegiem, které ovšem přinášelo i určité povinnosti. Těmi povinnostmi byla vojenská služba velmoži, či pokud budeme o velkomoravských jízdních bojovnících uvažovat jako rané šlechtě, ochrana vlastních poddaných, kteří zajišťovali jejich vlastní blahobyť, zatímco bojovníci vykonávali službu velmoži nebo správu panství. Pokud se tedy bojovníci z Pohanska-Břeclavi opakovaně účastnili vojenských aktivit, lze předpokládat, že se na ně také v zájmu vlastního přežití připravovali pravidelným výcvikem. Předpokládáme, že pravidelná fyzicky náročná příprava na bojové aktivity zanechá na kostře pozorovatelné změny, které bude možné pozorovat pomocí antropologických metod a bude možné je využít k identifikaci bojovníků. Protože na základě historických a archeologických pramenů předpokládáme, že jádro velkomoravské ozbrojené síly tvořili jízdní bojovníci, zvláštní pozornost je věnována odhalení důkazů, které by identifikovaly vybrané bojovníky jako aktivní jezdce.

### 3. Materiál

Materiálem v této práci jsou jedinci KZH H001 a KZH H003 objevení při výzkumu lokality Kostice-Zadní hrúd (Macháček et al., 2013; Dresler and Macháček, 2014). Srovnávací soubor tvoří vybraní jedinci z archeologické lokality Pohansko-Břeclav. Vybrání byli jedinci z pohřebišť u 1. kostela (Dostál, 1971), 2. kostela-rotundy (Macháček et al., 2014) (viz tab. 2), z menších pohřebišť rozptýlených v areálu Pohanska u J-Z předhradí, S-V předhradí, Lesního hrúdu a Lesní školky souhrnně označovaných jako Periferie (viz tab. 3). Do souboru byli zařazeni pouze dospělí jedinci jak mužského tak ženského pohlaví za účelem srovnání. Z pohřebiště u 1. kostela bylo vybráno celkem 60 jedinců, 40 mužů, 16 žen a 4 jedinci, u kterých nebylo možné pohlaví odhadnout. Do souboru z pohřebiště u druhého kostela bylo vybráno 54 jedinců, z toho 32 mužů, 21 žen a 1 jedinec neurčeného pohlaví. Mezi jedince z oblasti Periferie bylo zařazeno 40 jedinců, 25 mužů, 13 žen, 2 jedinci s neodhadnutým pohlavím. Vzhledem k různé míře zachovalosti a různým oblastem zájmu jednotlivých použitých metod byl pro každou použitou metodu využit rozdílný počet jedinců. Konkrétní počet je vždy uveden u příslušné metody. Analýza kosterního materiálu, odhad pohlaví, věku, osteologických parametrů, byla provedena v rámci výzkumné činnosti laboratoře antropologie kostní tkáně katedry antropologie a genetiky univerzity Karlovy v Praze pod vedením doc. Vladimíra Sládka. V souvislosti s touto činností jsem se podílel na sběru kosterních údajů, odhadu věku a pohlaví jedinců, přípravě materiálu pro počítačovou tomografii. Pro většinu analýz byli z celého souboru Pohanska vybráni jedinci, jejichž hrobová výbava je identifikuje jako bojovníky či jezdce.

## **4. Metody**

### **4.1. Archeologické metody**

#### **4.1.1. Analýza hrobového inventáře**

Při identifikaci bojovníků v souboru z lokality Pohansko-Břeclav vycházíme z poznatků archeologů zabývajících se studiem raného středověku Moravy. Je nutné uvést, že toto není archeologická studie, proto je dělení hrobové výbavy poměrně hrubé pouze s cílem vyčlenit ze souboru bojovníky a jezdce.

Hrobová výbava byla rozdělena do 7 kategorií označených čísly 1–7 (viz tab. 2). Hroby v kategorii 1 obsahují zbraň, meč, sekeru nebo jejich kombinace. Kategorii 2 tvoří součásti koňského postroje či jezdecké výbavy. Pohřby označené 3 jsou nálezy nožů, což je považováno za neutrální výbavu, protože se nacházejí jak v mužských, tak ženských hrobech. Kategorie číslo 4 značí typicky mužskou výbavu, jako jsou přezky z oděvů či opasků, řemeslné nástroje, mužské šperky jako jsou gombíky. Výbava charakteristická pro ženy, jako jsou přesleny, náušnice, oděvní spony, skleněné korálky, je označena číslem 5. Hroby spadající do kategorií 6 (bez výbavy) a 7 (keramika), jsou opět pohlavně nespecifické, stejně jako nálezy nožů. Pro účely analýz jsou v této práci jezdci a bojovníci považováni za totožné skupiny. Mezi jedince považované za bojovníky byli zařazeni také jedinci H153 a H166, které umístění jejich pohřbů uvnitř sakrální stavby identifikuje jako příslušníky elity, přestože inventář je mezi bojovníky neřadí. Pro lokalitu 1. kostel byla data převzata z publikované archeologické literatury (Dostál, 1971), dosud nepublikovaná data z výzkumu 2. kostel na Pohansku (Macháček et al., 2014) byla, pro účely diplomové práce, poskytnuta prof. Mgr. Jiřím Macháčkem, Ph.D.

### **4.2. Paleodemografické metody**

#### **4.2.1. Odhad pohlaví**

Odhad pohlaví jedinců byl proveden na základě znaků na pánevní kosti, které poskytují největší přesnost při odhadu pohlaví (Brůžek, 2002). Systém vyhodnocení pohlaví navržený Brůžkem (2002), vychází ze sledování pěti znaků. Sledovanými znaky jsou preauriculární povrch, *incisura ischiadica major*, oblouk ramen kosti stydké a kosti sedací, a proporce *ischiopubického* komplexu. Pět znaků na pánevní kosti je hodnoceno jako mužské, neutrální či ženské. Souhrn převažujících znaků poté vypovídá o pohlaví zkoumaného jedince (Brůžek, 2002). Tento systém je výhodný při použití fragmentů

pánevní kosti, se kterými se často setkáváme v případě archeologických nálezů (Brůžek, 2002).

Odhad pohlaví byl doplněn také o analýzu pohlavně dimorfních znaků na lebce. Toto vyhodnocení vychází z běžně používané metody Buikstrové a Ubelakera (1994). Tato metoda hodnotí pět kraniálních znaků, jimiž jsou *protuberantia occipitalis externa*, *processus mastoideus*, horní hrana očníce, *glabella* a *protuberantia mentalis*. Sledované znaky jsou poté hodnoceny na stupnici od 1 do 5 (Buikstra and Ubelaker, 1994), případně -2 až +2 (Walker, 2008), tedy od nejméně vyvinutého až k maximálně vyvinutému znaku, přičemž 1 až 2, respektive -2 až -1 odpovídají ženskému pohlaví, 3 respektive 0 rovnováze obou pohlaví, a 4–5, respektive +1 až +2 pohlaví mužskému. Na základně statistické analýzy je poté vyhodnocena pravděpodobnost příslušnosti k jednomu z pohlaví (Buikstra and Ubelaker, 1994; Walker, 2008).

#### 4.2.2. Odhad věku

Pro určení věku dožití byla primárně využita analýza povrchu pubické symfýzy. Jde o pohlavně specifickou metodu, spočívající v přiřazení jedince do jedné ze šesti fází vývoje povrchu pubické symfýzy na již dříve vypracované škále korelující s věkem. Věková škála je pohlavně specifická, a proto je nutné jedince porovnávat s referenčními obrázky odpovídajícími jeho odhadnutému pohlaví (Brooks and Suchey, 1990; Buikstra and Ubelaker, 1994). Metoda odhadu věku pomocí pubické symfýzy byla kombinována s dalšími metodami pro ověření výsledků jako je morfologie *facies auricularis* a uzavření růstových plotének dlouhých kostí (Lovejoy et al., 1985; Buikstra and Ubelaker, 1994; Scheuer and Black, 2004).

Metoda odhadu věku podle *facies auricularis* hodnotí senescenční změny povrchu a morfologie této kloubní plochy. Hodnoceno je, jak moc je povrch kompaktní, granulace povrchu se snižuje se zvyšujícím se věkem a bývá postupně nahrazována porozitou povrchu objevující se ve vyšším věku. Přítomnost prohlubní a příčného vroubkování jsou stejně jako transversální uspořádání celého povrchu znakem mladších jedinců. Dále je hodnocena morfologie *apexu*, který u jedinců mladšího věku výrazně vystupuje z povrchu pánevní kosti a postupem času se jeho hranice stává méně jasnou. Do hodnocení je zařazen také *retroauriculární* povrch, což je oblast kosti oddělující *facies auricularis* od lopaty kosti kyčelní. Na *retroauriculárním* povrchu se hodnotí míra porosity opět stoupající se zvyšujícím se věkem jedince. Celkový stav *facies auricularis* je následně vyhodnocen a srovnán s osmi stádii navrženými kolektivem Lovejoy et al. (1985). Stadium jedna značí

nejmladší jedince ve věkovém rozmezí 20–24 let a stadium osm jedince nejstarší ve věku 60 a více let (Lovejoy et al., 1985; Buikstra and Ubelaker, 1994).

Poslední použitá metoda odhadu věku využívá zkoumání uzavření růstových plotének dlouhých kostí či maturace kosterních struktur a prořezání dentice k odhadu věku jedince. Pozorováním kosterních struktur je zjištěn stav maturace kosti, a ten poté porovnán s empiricky zjištěnými daty o maturaci dané kosti. Z celkového stavu maturace kostry jedince je poté možné odhadnout kosterní věk jedince (Scheuer and Black, 2004). Kromě zjištění, zda se v našem případě jednalo o dospělé jedince, jsme se zaměřili zejména na sledování znaků, jejichž maturace probíhá až v dospělém věku mezi 25. a 30. rokem jako je například křížová kost (Scheuer and Black, 2004; Black and Ferguson, 2011).

#### **4.2.3. Odhad výšky a hmotnosti**

Výška a hmotnost jedince jsou důležitou součástí antropologických a archeologických studií, proto jsou i nedílnou součástí této práce a pomohou nám udělat si obrázek o profilu studovaných jedinců. Špatná zachovalost jedinců zařazených do této studie nedovoluje využít metodu anatomického odhadu výšky (Raxter et al., 2006), která poskytuje nejpřesnější výsledky při odhadování výšky (Sládek et al., 2015). Odhad výšky jedinců byl tedy proveden pomocí populačně specifické metody odhadu výšky z dlouhých kostí vyvinuté kolektivem Laboratoře antropologie kostní tkáně (Sládek et al., 2015). Použitá technika se řadí do kategorie matematických metod, které využívají regresní rovnice založené na délce kostních elementů, nejčastěji délce dlouhých kostí, k výpočtu výšky. Populačně specifická metoda navržená pro lokalitu Pohansko vykazuje nejlepší výsledky při použití součtu délek kosti stehenní a kosti holení, případně samostatné kosti stehenní (Sládek et al., 2015).

Špatná zachovalost obou zkoumaných jedinců nedovoluje využít morfometrické metody založené na výpočtu tělesné hmotnosti z výšky jedince a *bi-iliacální* šířky pánevní kosti, hmotnost jedinců tedy byla, stejně jako v případě výšky, zjištěna za využití matematické metody výpočtů tělesné hmotnosti z velikosti kostních elementů navržené kolektivem Ruff et al. (2012). Navržené rovnice vycházejí z předpokladu, že existuje souvislost mezi hmotností jedince a velikostí kostních elementů nesoucích váhu těla. Tato metoda konkrétně využívá pro výpočet hmotnosti rozměr hlavičky femuru a poskytuje srovnatelné výsledky s dříve používanou, avšak na zachovalost kosterního materiálu náročnou metodou, výpočtu z výšky jedince a *bi-iliacální* šířky (Ruff et al., 2012).

### 4.3. Metody rekonstrukce fyzické aktivity

#### 4.3.1. Entezopatické změny svalových úponů

Míra fyzické námahy, které byl bojovník vystaven, byla hodnocena na základě výskytu a stupně degenerativních změn a entezopatií na kostře (Havelková, 2010; Villotte et al., 2010). Entezopatie jsou v této práci rozuměny jako změny v oblasti úponů svalů a to jak kostní produkce, resorbce či robusticita, ve smyslu metodologie využívané výše zmíněnou prací (Havelková, 2010).

Svalové úpony se dělí do dvou skupin podle způsobu, jakým se upínají na kostru. Svalové úpony tedy dělíme na úpony *fibrózní* a *fibrokartilagózní*. Svaly s fibrózními úpony se upínají buď to do *periostu*, nebo přímo do kosti. Fibrózní úpony najdeme nejčastěji v diafýzách a metafýzách dlouhých kostí se silnější vrstvou kortikální kosti. U periostálních úponů se šlacha svalu upíná nepřímo do *fibroelastické* vrstvy *periostu* a přes Sharpeyova vlákna do kosti. V případě kostních úponů se šlacha upíná přímo do kosti, nejčastěji na drsnatiny, hrboly a hrany. Tato skupina úponů je spojena s přítomností nejsilnějších svalů v těle jako je *musculus deltoideus* nebo svaly upínající se na *linea aspera* (Havelková, 2010).

*Fibrokartilagózní* úpony mají o poznání složitější strukturu než úpony *fibrózní*. Takový úpon se skládá u dospělého jedince ze čtyř vrstev, šlachy, nekalcifikované chrupavky, kalcifikované chrupavky a kosti. Rozhraní mezi kalcifikovanou a nekalcifikovanou tkání se nazývá *tidemark* a je mechanickou hranicí mezi pevnou a měkkou tkání. *Fibrokartilagózní* úpony mají většinou hladký povrch bez vaskularizace a otvorů a mohou připomínat spíše kloubní plochy než periost. *Fibrokartilagózní* úpony nacházíme zejména v oblastech epifýz a apofýz jako například úpon *m. supraspinatus* na *tuberculum majus humeri* (Havelková, 2010).

Metoda byla vyvinuta na základě studia rozdílů mezi normálními svalovými úpony a patologicky změněnými úpony. Metodologie podle Villotta hodnotí čtyři skupiny úponů G1-G4. Skupiny jsou rozdělené podle struktury a odlišného způsobu, kterým jsou jednotlivé úpony modifikované v odpovědi na fyzickou zátěž. Každý úpon je pak hodnocen ve třech stádiích projevů entezopatií, A pro absenci změn, B pro mírné projevy a C pro výrazné projevy entezopatických změn (Villotte et al., 2010). Hodnocení ovšem probíhá mírně odlišně u každé ze čtyř skupin. Přehled hodnocených úponů je v tabulce 4 (viz tab. 4).

U první skupiny úponů G1 je hodnocen zvlášť povrch úponu a jeho kontura. Na povrchu jsou sledovány všechny typy změn, tedy entezofyty, léze, *foraminy*, cisty, erozní okrsky. Stádium 0 značí absenci změn, stádium 1 odpovídá buďto výrazným změnám

zasahujícím méně jak polovinu úponu, nebo mírným projevům na celém povrchu úponu, stadium 2 pak více jak polovině úponu zasažené výraznými změnami. Kontura je posuzována obdobně ve třech stádiích 0 pro absenci změn, 1 pro vystouplou nepravidelnou konturu bez entezofytů, 2 pro jeden nebo více entezofytů. Konečné hodnocení úponu je poté dáno součtem dílčích hodnot. Stadium A se rovná 0, B 1–2 a C 3–4 (Villotte, 2006; Havelková, 2010).

Skupina G2 je hodnocena na základě rozvoje entezofytů, které bývají měřitelné. Stadium A je absence měřitelných entezofytů, přestože kontura úponu již může být změněná. Stadium B rozpoznáme v případě, že na povrchu se vyskytují jasné ohraničené, jeden či více, entezofyty rovné či menší než 2 mm, nebo v případě přítomnosti erozivních okrsků zasahujících maximálně polovinu povrchu úponu. Stadium C je poté přítomnost entezofytů větších jak 2 mm, případně povrch zasažený erozí na více jak polovině své plochy (Villotte, 2006; Havelková, 2010).

Do skupiny úponů G3 se řadí takzvaná *ligamenta flava* v oblasti mediálních oblouků obratlů. Typickým projevem změn na těchto úponech je tvorba entezofytů. Hodnocena zde není kontura a povrch úponu, ale velikost entezofytů na proximální a distální části oblouku. Stádia v proximální oblasti jsou A pro absenci změn, B pro jeden či více entezofytů o velikosti 1 až 4 mm nebo kostní lamela do 1 mm, C jeden a více entezofytů o velikosti větší než 4 mm. Distální oblast je pak hodnocena A pro absenci, B entezofyty o velikosti 1–4 mm, kostěná lamela nebo nepravidelný kostěný hřeben od 1 do 4 mm a C entezofyty, kostěná lamela nebo nepravidelný hřeben o velikosti 1 až 4 mm (Villotte, 2006; Havelková, 2010).

Skupina G4 se vyznačuje změnami v podobě nerovností povrchu a kostní produkce. Stadium A je opět absence změn. Stadium B se projevuje buďto nepravidelným povrchem bez kostní produkce, nebo přítomností lakuny kratší než 20 mm. Stadium C lze pozorovat nepravidelný povrch doprovázený jedním či více entezofyty zřetelně odlišných od oblasti úponu, případně přítomností lakuny větší jak 20 mm (Villotte, 2006; Havelková, 2010).

Hodnocení svalových úponů v této práci jde ve dvou paralelních směrech. První je snaha vytvořit charakteristiku raně středověkého bojovníka a druhým je osteobiografické hodnocení jedince ve srovnání s celou populací. Pro účely osteobiografického hodnocení jedince byly jednotlivé úpony rozděleny podle umístění na kostře. Úpony, byly tedy rozděleny podle toho, zda jsou umístěny na horních končetinách, dolních končetinách, či na páteři, dle kosti, na které se nacházejí a strany. Abychom získaly představu o míře



remodelace jednotlivých svalových úponů v populaci, nasbíraná data byla převedena na procenta. Data byla nasbírána na celém srovnávacím souboru, pro tuto analýzu byli ale použiti pouze jedinci mužského pohlaví. Hodnoceno bylo celkem 70 jedinců. Dále byl soubor rozdělen ještě na jedince čtyř kategorií, první odpovídá průměru celého souboru, druhá a třetí odděleným souborům 1. a 2. kostela a z celého souboru jsou pak vyčleněno 10 jedinci, jejichž hrobová výbava nebo nálezový kontext je identifikuje jako příslušníky elity či válečnické třídy. Špatná zachovalost bohužel zamezila analýze svalových úponů jedince KZH H001, proto bude ve všech srovnáních figurovat pouze jedinec KZH H003.

Svalové úpony horní končetiny jsou tedy rozděleny na úpony nacházející se na kosti pažní, vřetení a loketní, pravé a levé straně. Pro dolní končetiny pak hodnotíme úpony odděleně pro kost pánevní, stehenní, *patellu*, kost holenní a patní levé a pravé strany. Obratle jsou pak hodnoceny podle segmentů páteře na krční od C2, hrudní a bederní část včetně S1.

Ve snaze identifikovat konkrétní činnosti specifické pro životní roli bojovníka byly na základě literatury utvořeny skupiny svalových úponů odpovídající jednotlivým činnostem. Činnosti, které se snažíme identifikovat, jsou jízda na koni, nošení zbroje, boj na krátkou vzdálenost, vrhání zbraní a lukostřelba. Hladina statistické významnosti byla ověřena pomocí neparametrického dvouvýběrového Wilcoxonova testu v prostředí programu R (<https://en.wikipedia.org>, 2016a; <https://www.r-project.org/>, 2016).

#### **4.3.2. Analýza transversálního průřezu dlouhých kostí**

Na pravidelnou zátěž nereagují pouze svalové úpony, ale i celá kost, například změnou v rozložení hutné kostní tkáně. Takové změny ve struktuře kostní tkáně se hodnotí pomocí biomechanických analýz jejich vlastností. Analýzy transversálních průřezů dlouhých kostí zkoumají rozložení hutné kostní tkáně na základně geometrie průřezu kosti (Ruff, 2007). Biomechanické studie jsou dnes využívány ke zkoumání různých problémů od lokomoce a mobility u minulých populací (Sládek et al., 2006; Ruff et al., 2015), manipulativního chování (Sládek et al., 2007, 2016) až ke zkoumání změn ve vojenské organizaci populací (Sparacello et al., 2015).

Tělo dlouhé kosti bychom si mohli zjednodušeně představit jako trubku s dutinou, která se při zatížení chová stejně jako nosník ve strojírenství, a pro jejich zkoumání je tedy možné využít stejných teorií a zákonitostí, z jakých vycházejí inženýři při projektování staveb. Pro odolnost vůči mechanickým silám jsou u kosti, stejně jako pro nosník, důležité parametry jako délka, rozložení hmoty kolem centrální osy či množství a struktura hmoty. Síly působící na strukturu poté vyvolávají různě velké napětí, které způsobuje deformace

materiálu o různé velikosti a typu (Ruff, 2007). Na rozdíl od technických oborů, kde se geometrické principy využívají ke studiu rigidních struktur, se v biomechanice studuje dynamická kostní tkáň, která se může průběžně měnit (Larsen, 1997).

V antropologii se k analýze biomechanických vlastností dlouhých kostí často využívají transversální průřezy dlouhých kostí. CSG řezy jsou nejčastěji získávané pomocí neinvazivních snímkovacích metod, jako je počítačová tomografie (CT) (O'Neill and Ruff, 2004; Rhodes and Knüsel, 2005; Sládek et al., 2006, 2007).

Vliv biomechanické zátěže na kost nejlépe vyjadřují biomechanické parametry distribuce hutné kostní tkáně v transversálním průřezu. Na transversálním řezu rozlišujeme plochu hutné kostní tkáně „*cortical area*“ (CA), plochu dřeňové dutiny „*medullary area*“ (MA) a celkovou plochu průřezu „*total area*“ (TA). Plocha hutné kostní tkáně vyjadřuje odolnost kosti v axiální kompresi. Pro zjištění odolnosti kosti v ohybu se využívá takzvaný „*second moment of area*“ (I), k výpočtu tohoto parametru se používá hodnota TA, distribuce kostní hmoty kolem neutrální osy, a délka kosti. Oblast kosti s největšími hodnotami I se nazývá  $I_{max}$  a s nejmenšími  $I_{min}$ , veličiny popisují adaptaci kosti na mechanickou zátěž. K dalším analýzám slouží  $I_{A-P}$  a  $I_{M-L}$ , které vyjadřují odolnost kosti v konkrétní ose. K odhadu odolnosti kosti v torzi slouží „*polar moment of area*“ (J). Čím větší J, tím větší je odolnost kosti v torzi. J také slouží k odhadu celkové robusticity kosti. K dalším analýzám se používá spíše hodnota „*section modulus*“ (Z), která odpovídá síle kosti v ohybu a torzi spíše než odolnosti. Hodnoty Z získáme vydělením hodnot „*second moment of area*“ polovinou diametru kosti v místě snímání průřezu (Ruff, 2007).

Mezi faktory ovlivňující vlastnosti CSG řezu patří například délka kosti a hmotnost jedince. Hmotnost je důležitá, neboť hmotnost těla jedince již sama o sobě vyvolává mechanickou zátěž na kosti a může mít spojitost i s dalšími faktory ovlivňujícími mechanickou zátěž, jako je velikost svalů. Proto je nutné CSG parametry standardizovat buď tělesnou hmotností jedince, nebo tělesnou hmotností násobenou biomechanickou délkou kosti (Ruff, 2007).

V této práci je analýza CSG řezů využita k porovnání sledovaného jedince ve srovnání s ostatní populací Pohanska, aby bylo možné získat jeho osteobiografický profil. CSG řezy mohou odpovědět, zda byl jedinec pravák či levák, díky asymetrii levé a pravé pažní kosti (Sládek et al., 2016), a obecně jak moc byla jeho kostra robustní v porovnání s ostatními jedinci (Ruff, 2007). Tak jako v předchozích kapitolách jsme se zde snažili identifikovat konkrétní znaky, které by mohly sloužit odhalení bojovníků.

Problematika asymetrie pažní kosti může být nápomocná také při identifikaci bojovníků (Rhodes and Knüsel, 2005; Sparacello et al., 2015). Starší studie ukázaly na souvislost mezi zvýšením hodnot odolnosti kosti v torzi a pravidelným výcvikem s unilaterálně používanou zbraní, který musel začít již brzy v životě jedince (Rhodes and Knüsel, 2005; Sparacello et al., 2015). Zvětšení robusticity humeru v antero-posteriorním směru odpovídá zvýšenému využívání svalů zodpovědných za flexi a extensi paže. Tento pohyb by mohl v kontextu raně středověkého bojovníka odpovídat opakovanému sekání mečem či sekerou shora dolů, nebo stejnému pohybu s kopím (Rhodes and Knüsel, 2005). Zesílení humeru v medio-laterálním směru odpovídá zvýšenému používání svalů zodpovědných za abdukci, addukci a rotaci paže, tato kombinace pohybů by se mohla ztotožnit s lukostřelbou (Rhodes and Knüsel, 2005). Na lukostřelbu by mohl poukazovat také zvýšený poměr robusticity horních končetin oproti končetinám dolním (Thomas, 2014).

Díky CSG parametrům je možné odhadnout také, jak moc byl jedinec za svého života mobilní. Byla objevena souvislost mezi mírou mobility jedince a rozložením hutné kostní tkáně dolních končetin, konkrétně je vyšší mobilita spojena se zesílením síly kosti v ohybu v A-P směru, což ukazuje takzvaný index mobility (Sládek et al., 2006; Ruff et al., 2015).

Získávání dat CSG řezů využitých v této práci probíhalo v rámci výzkumné činnosti laboratoře antropologie kostní tkáně katedry antropologie a genetiky univerzity Karlovy v Praze pod vedením doc. Vladimíra Sládka. V souvislosti s touto činností jsem se podílel na sběru kosterních údajů, odhadu věku a pohlaví jedinců, přípravě materiálu pro počítačovou tomografii. Konečný výstup CSG parametrů byl poskytnut doc. Mgr. Vladimírem Sládkem, Ph. D., HDR, Mgr. Margit Berner Ph.D. a Mgr. Eliškou Schuplerovou.

#### **4.4. Metody analýzy morfologie acetabulárního okraje**

##### **4.4.1. Fourierova analýza morfologie acetabulárního okraje**

Modely bojovníků 1 a 2 pracují s předpokladem, že zkoumaní jedinci byli aktivními jezdci na koni. Kromě entezopatických změn spojovaných s jízdou na koni byla zkoumána také morfologie acetabula na základě práce z roku 2000, jež se zaměřila na rozdíly v morfologii kyčelní jamky amerických indiánů před a po domestikaci koně (Erickson et al., 2000). V důsledku pravidelné jízdy na koni se tedy morfologie acetabula u bojovníků/nobility bude lišit od rolníků, kteří na koních nejezdili. Metoda hodnocení je založená na vyhodnocení fotografických snímků acetabula. Snímek je rozdělen přímkou procházející pomyslným středem acetabula tak, aby se střed nacházel v úhlu 90° od obou

spodních okrajů acetabula, respektive v úhlu  $90^\circ$  a  $-90^\circ$ . Na základě takto upraveného snímku se poté hodnotí morfologické rozdíly jednotlivých jedinců (Erickson et al., 2000).

Každá zkoumaná kost byla umístěna na podstavec tak, aby směřovala kloubní jamkou vzhůru. Následně byla pořízena fotografie pomocí digitálního fotoaparátu umístěného na stativu. Fotografie byla doplněna označením naleziště, číslem jedince, označením pravé či levé strany, a měřítkem o rozměru 1:5 cm. Do souboru byly zařazeny pouze pánevní kosti s dobře zachovaným okrajem acetabula.

K analýze bylo použito 48 jedinců z lokality Pohansko 1. kostel, 41 z lokality Pohansko 2. kostel-rotunda, 12 jedinců z J-Z předhradí, 3 z Lesního hrůdu, 5 z Lesní školky a 3 S-V předhradí, celkem tedy 112 jedinců. Lokality J-Z předhradí, Lesní hrůd, Lesní školka a S-V předhradí budou dále označovány jako „Periferie“ a budou hodnoceny dohromady. Primárně byly pořizovány fotografie pravého acetabula každého jedince a pouze v případě, kdy to zachovalost nedovolovala, byla pořízena i fotografie z levé strany. Všechny fotografie byly následně analyzovány pomocí programu ImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/>, 2016). Jde o open source program pro zpracování a analýzu obrázků v prostředí Java (<https://en.wikipedia.org>, 2016b).

Každý obrázek byl srovnán tak, aby se dolní okraje oblouků acetabula nacházely v horizontální ose. Všechny snímky pravé strany byly invertovány, aby bylo možné tvarové porovnání levé a pravé strany. Do obrázku byly poté zakresleny dvě pomocné osy. První osa prochází dolními okraji acetabula, body styku osy a spodních okrajů jsou ztotožněny s úhly  $0^\circ$  respektive  $180^\circ$  pro účely analýzy (viz níže) s  $-90^\circ$  respektive  $90^\circ$ . Ze středu vzdálenosti mezi dolními okraji acetabula vychází druhá osa rozdělující tvar v  $90^\circ$  neboli v  $0^\circ$  (viz obr. 20–21).

Tak, aby byl zachován postup převzatý z práce Erickson et al. (2000), byl tvar okraje acetabula rozdělen pomocí polárního souřadnicového systému (<https://cs.wikipedia.org>, 2015a). Bod rozdělující konturu acetabula přesně v polovině byl označen souřadnicí  $0^\circ$ , od tohoto bodu byl okraj acetabula rozdělen po  $1^\circ$  k hodnotě  $90^\circ$  a  $-90^\circ$  tak, aby suma délky okraje acetabula byla rovná oblouku o  $180^\circ$ . Vzdálenost  $A_0$  udává délku mezi spodním okrajem acetabula a středem spodní osy (viz obr. 20).

Dále byly změřeny radiální vzdálenosti od středu spodní osy o okraji acetabula s počátkem v  $-90^\circ$  v intervalech po  $30^\circ$ , tedy v bodech:

$$A = R(-60^\circ)$$

$$B = R(-30^\circ)$$

$$C = R(0^\circ)$$

$$D = R(30^\circ)$$

$$E = R(60^\circ)$$

$$A_0 = R(90^\circ)$$

Na základě těchto naměřených bodů byly posléze pomocí funkce pro vytvoření rovnic v programu Microsoft Excel vypočteny Fourierovi koeficienty dle následujících rovnic:

$$A1 = \frac{(a + b\sqrt{3} + 2c + d\sqrt{3} + e)}{6}$$

$$B1 = \frac{\sqrt{3}(-a - b + d + e)}{6}$$

$$A3 = \frac{(-a + c - e)}{3}$$

$$B4 = \frac{\sqrt{3}(a - b + d - e)}{6}$$

$$A5 = \frac{(a - b\sqrt{3} + 2c - d\sqrt{3} + e)}{6}$$

Koeficienty A se asociují se symetrickým tvarem vůči středové ose, koeficienty B vytvářejí vůči středové ose asymetrický tvar (viz obr. 22). Koeficienty kategorií A i B, spolu s hodnotou  $A_0$ , která představuje odsazení spodního okraje acetabula od středu osy, slouží k rekonstrukci původního tvaru acetabula vyjádřeného hodnotou  $R(\theta)$ . Funkce  $R(\theta)$  je suma sinusových a cosinusových hodnot o různé frekvenci, sloužící k přeložení číselné informace do grafické podoby podle vzorce:

$$R(\theta) = A_0 + A1\cos \theta + B2\sin 2\theta + A3\cos 3\theta + B4\sin 4\theta + A5\cos 5\theta$$

Pro grafické znázornění tvaru acetabula byl využit výpočetní program R (<https://en.wikipedia.org>, 2016a; <https://www.r-project.org/>, 2016). Jak uvádí Erickson et al. (2000), vliv jednotlivých Fourierových termínů proporčně odpovídá velikosti jejich koeficientů, může nám důležitou informaci o tvaru acetabula poskytnout již srovnání poměru

menších koeficientů s největším koeficientem. Největším koeficientem je v tomto případě  $A_1$ , byly tedy vypočítány poměry  $A_0/A_1$ ,  $B_2/A_1$ ,  $A_3/A_1$ ,  $B_4/A_1$  a  $A_5/A_1$ . Způsob, jakým jednotlivé poměry ovlivňují tvar kloubní jamky, je popsán na obrázku (viz obr. 22). Pokud se blíže podíváme na grafické znázornění jednotlivých poměrů a způsobu, jakým ovlivňují tvar oblouku, můžeme si povšimnout, že koeficienty A jsou spojeny se symetrickými tvary vůči středové ose, oproti tomu koeficienty B jsou spojeny asymetrií (Erickson et al., 2000; Urbanová et al., 2006).

Každý jedinec byl popsán lokalitou, kde byl nalezen, číslem hrobu, pohlavím, věkem a typem hrobové výbavy. Dále jsou do tabulky zaneseny naměřené hodnoty odpovídající proměnným  $A_0$ , A, B, C, D, E, respektive  $0^\circ$  až  $90^\circ$  a  $0^\circ$  až  $-90^\circ$ . Proměnné byly následně použity pro výpočet vzorců 1–5 a poměru jednotlivých koeficientů v programu Microsoft Excel 2013. Přehled průměrných hodnot pro jednotlivé skupiny Pohanska, jedince KZH H003, a srovnávací soubory podle Erickson et al. (2000) (viz tab. 5).

Základní teze, se kterou jsme přistupovali k Fourierově analýze kyčelní kloubní jamky populace z Pohanska v této práci byla, že jízda na koni byla luxusní záležitostí vyhrazená pouze elitním členům společnosti. Předpokládali jsme tedy významné rozdíly mezi elitní skupinou, společností reprezentovanou například velmožskou družinou, a jedinci z nižších sociálních vrstev. Model tedy počítá s tím, že jedna skupina byla aktivními a častými jezdci na koni, kdežto druhá na koni nejezdila vůbec nebo jen výjimečně. Zde tedy vidíme paralelu se skupinou indiánského původu rozdělenou na jedince z doby před importem koně do Ameriky evropskými osadníky a jedince, kteří po této události praktikovali extensivní jízdu na koni.

Erickson et al., pracoval se dvěma soubory. Souborem Larsonovým, který identifikuje jako skupinu na koni nejezdící, a souborem Leveanworthovým, jehož jedinci jsou považováni za aktivní jezdce (Erickson et al., 2000). Neboť se zaměřujeme na analýzu bojovníků, při první analýze dat byly ze souboru vyjmuty příslušnice ženského pohlaví a dále byly odděleni jedinci považovaní na základě hrobové výbavy, za bojovníky do samostatné skupiny. Celkem bylo hodnoceno 60 příslušníků běžné populace a 5 bojovníků.

#### **4.4.2. Odhad pohlaví na základě Fourierovi analýzy acetabulárního okraje**

Při sběru dat byl pořízen fotografický záznam jak jedinců mužského, tak ženského pohlaví. Četné studie se zabývají využitím acetabula pro odhad pohlaví (Murphy, 2000; Benazzi et al., 2008). Analýzou na základě Fourierovi analýzy se zabývá studie českých autorů z roku 2006 (Urbanová et al., 2006).

Studie Urbanová et al. (2006) odhalují signifikantní rozdíl v morfologii acetabula mezi muži a ženami. Mužský tvar je typický prodloužením ve vertikální ose a zúžením v medio-laterálním směru, oproti spíše nižšímu a širšímu tvaru u žen (Urbanová et al., 2006).

Pro tuto analýzu byly soubory z 1. a 2. kostela spojeny do jednoho souboru rozděleného na základě pohlaví. Soubor není rovnoměrně rozdělen, celkem se sestává z 27 jedinců, jejichž pohlaví bylo odhadnuto jako ženské a u 60 jako mužské. Soubor Periferie byl ponechán stranou analýz a v pozdější fázi byl využit jako testovací skupina. V souboru Periferie bylo 14 jedinců určeno jako muži a 9 jedinců jako ženy.

Na základně naměřených parametrů byl posléze vytvořen lineární klasifikátor s cílem oddělit muže a ženy. Lineární klasifikátory vycházejí z metod pro diskriminační analýzu. Diskriminační analýzy jsou metody sloužící k diskriminaci objektů pocházejících z konečného počtu kategorií vytvořených na základě všech objektů obsažených v takzvané „trénovací množině“. Z dat v trénovací množině se vytvoří pravidla, která slouží ke klasifikaci objektů mimo trénovací množinu do kategorií, jež představují odhad kategorií skutečných (Kotsiantis, 2007; <https://cs.wikipedia.org>, 2013).

Rovnice pro lineární klasifikátor:

$$g(\vec{x}) = \operatorname{sgn} \sum_{i=1}^n w_i x_i + w_0$$

Pokud je třída  $g(\vec{x})$  větší než nula, jedná se o muže, pokud menší než nula jedná se o ženu. Pro tento výpočet je nutné zjistit váhový vektor  $w_n$  a práh  $w_0$ . K jejich výpočtu byla použita metoda SVM, tedy *Support vector machine*. SVM je učicí algoritmus, který analyzuje data užívaná ke klasifikaci či regresním analýzám (Vapnik, 1999; Boyle, 2011; <https://en.wikipedia.org>, 2016c). Data byla natrénována, pro každý ze šesti koeficientů, v programu MATLAB (<https://cs.wikipedia.org>, 2015b; <http://www.mathworks.com>, 2016) s následujícími výsledky:

$$w_n = [-5,3788; 9,3246; -4,1661; 6,3079; -15,8622; 6,6925]$$

$$w_0 = -42,8279$$

## 5. Výsledky

### 5.1. Archeologické metody

Jedinec KZH H001 byl nalezen při výzkumných pracích v roce 2009 (Macháček et al., 2013). V hrobě byla uložena sekera bradatice a ostruhy (viz obr. 1). Na základě těchto nálezů byl pohřeb datován do 9. století. Nálezy ostruh a sekery identifikují jedince jako příslušníka skupiny jízdních bojovníků (Macháček et al., 2013).

Jedinec KZH H003 byl nalezen při výzkumu na polykulturní lokalitě Kostice-Zadní hrůd v sezóně 2013 (Dresler and Macháček, 2014). Hrob byl v souvislosti s uloženou hrobovou výbavou a s nálezy v přilehlém objektu datován do druhé poloviny 9. až poloviny 10. století. U pravého boku jedince byl uložen železný meč, na levé dolní končetině byla pozorována jednoduchá příčná fraktura těla kosti s vychýlením (Koudela et al., 2002), což je poranění spojené s pádem z koně (viz obr. 2). Toto zranění bylo pro jedince nejspíše smrtelné, neboť je spojené s poškozením měkké tkáně a následným silným krvácením, zranění navíc nejeví známky hojení. Nalezený meč a zranění spojené s jízdou na koni nás vedou k názoru, že se jednalo o příslušníka skupiny jízdních bojovníků. (Dresler and Macháček, 2014).

### 5.2. Paleodemografické metody

#### 5.2.1. Odhad pohlaví

Z důvodů špatné zachovalosti bylo možné hodnotit pouze morfologii *incisura ischiadica major* a *arc composé*. Oba tyto znaky byly hodnoceny jako mužské. Protože pro hodnocení pohlaví z pánevní kosti bylo možné využít pouze dva znaky z pěti, byl odhad pohlaví doplněn odhadem založeným na morfologii lebky, kde bylo možno hodnotit všech pět znaků (Buikstra and Ubelaker, 1994). *Processus mastoideus*, *protuberantia mentalis* a horní hrana *orbity* byly hodnoceny číslem 4, *glabella* číslem 5, *protuberantia occipitalis externa* pak 3. S výjimkou *protuberantia occipitalis externa*, která je hodnocena jako neutrální znak, jsou tedy všechny ostatní znaky hodnoceny jako mužské. Na základě kombinace obou metod je pohlaví jedince KZH H003 odhadováno jako mužské.

Z důvodu špatné zachovalosti znaků nutných pro odhad pohlaví jedince KZH H001, bylo pohlaví KZH H001 odhadnuto na základě archeologických nálezů. Hrobová výbava jedince KZH H001 obsahovala sekeru bradatice a ostruhy (Macháček et al., 2013), což je typicky mužský inventář. Pohlaví KZH H001 bylo tedy na základě metod archeologie odhadnuto jako mužské.



### 5.2.2. Odhad věku

Špatná zachovalost kosterního materiálu obou zkoumaných jedinců zamezila využití metody odhadu věku podle změn na povrchu pubické symfýzy v případě jedince KZH H003, v případě KZH H001 nebylo možno využít ani metodu odhadu věku z *facies auricularis*. Odhad věku pomocí osifikace dlouhých kostí končetin a prořezání zubů, spolu s osifikací *acromionu* a *processus coracoideus* na lopatce, ukazuje na stáří jedince 20 a více let, nedokončená osifikace sakrálních obratlů, které srůstají po 25. roce, a hodnocení povrchu *facies auricularis* ukazuje na věk mezi 20–24 respektive 20–29 lety (Scheuer and Black, 2004). Věk jedince je tedy odhadován na stupeň mladší dospělý adultus I.

Věk jedince KZH H001, bylo možné hodnotit pouze na základě prořezání zubů a osifikace dlouhých kostí. Prořezání třetích stoliček ukazuje na věk mezi 17–30 lety, z důvodu špatné zachovalosti nebylo možné věk pomocí osifikace dlouhých kostí končetin odhadnout blíže než na rozmezí 16 a více let (Scheuer and Black, 2004). Z kombinace obou zjištění odhadujeme, že se jednalo o dospělého jedince.

### 5.2.3. Odhad výšky a hmotnosti

Na základě výše představené metody odhadu výšky z dlouhých kostí dosahoval jedinec KZH H003 výšky mezi 155–157 cm (Sládek et al., 2015). Při vytváření populačně specifické metody odhadu tělesné výšky se jako nejlepší parametr ukázala kombinace délek kosti holenní a stehenní, z toho důvodu byl i v případě KZH H003 využit výpočet výšky z délek kosti stehenní a holenní (Sládek et al., 2015). Hmotnost vypočtená pomocí rozměru hlavice kosti stehenní ukazuje, že jedinec KZH H003 vážil mezi 61–63 kg (Ruff et al., 2012).

Jedinec KZH H001 dosahoval výšky mezi 160–163 cm. Pro výpočet byly dostupné pouze pravá kost pažní a levá kost holenní, z důvod menší odchylky výsledků byla použita pouze holenní kost (Sládek et al., 2015). Nedostatečná zachovalost dalších segmentů kostry jedince KZH H001 nedovolila provést odhad hmotnosti.

## 5.3. Metody rekonstrukce fyzické aktivity

### 5.3.1. Entezopatické změny svalových úponů: Specifické činnosti

#### 5.3.1.1. Jízda na koni

Jako svalové úpony spojované s jízdou na koni považujeme *insertio m. gluteus medius* na velkém trochanteru (úpon FMF), *origo m. semimembranosus* a *biceps femoris* na *tuberositas ischiadica* (úpon CSB), úpon čtvrté hlavy *m. quadriceps femoris* na *patellu* (úpon PQF) a *insertio m. triceps surae* přes achillovu šlachu na *calcaneus* (úpon CTS) pravé a levé

končetiny (Havelková, 2010; Čihák, 2011). Úpony FMF, CSB a PQF jsou spojovány v bioarcheologii s takzvaným „*Horse back riding syndrom*“ (Havelková, 2010). Kategorie CTS byla do hodnocení přidána jako možný ukazatel takzvané „*Rider's bone*“ (İşcan and Kennedy, 1989), což je v lékařské literatuře stav popsáný jako: „heterotypická osifikace šlach *m. abduktor longus*, způsobená opakovanou námahou při jízdě na koni“ (<http://medical-dictionary.thefreedictionary.com>).

Při pohledu na úpony asociované s jízdou na koni můžeme vidět vzorec u úponů CSB a PQF mezi příslušníky skupiny bojovníků. Jak na levé, tak na pravé straně je zde stejný trend u obou úponů. CSB vykazuje remodelaci stupně B u 71 %, respektive 60 % případů. Jako statisticky významné se ukazuje vyšší zastoupení remodelací CSB stupně B a absence neremodelovaných úponů u bojovníků na pravé končetině (viz tab. 8–9). U zbytku populace převládají neremodelované úpony z 49–53 % na pravé straně, na straně levé se z tohoto trendu vymyká populace prvního kostela, kde převládají remodelace stupně B se 45% výskytem (viz graf 1–2).

Na *patelle* mezi bojovníky převládají neremodelované exempláře beze změn a to v 71 % a 57 %. U ostatních jedinců jsou změny na tomto úponu rozloženy rovnoměrněji s převahou úponů stupně C v 36 % na pravé straně, a A respektive B na straně levé v 37 % případů (viz graf 1–2). Testy signifikance v tomto případě ale neukazují významné rozdíly mezi populacemi (viz tab. 8–9).

U úponů FMF je, mezi bojovníky, vidět procentuálně vyšší zastoupení závažnějších změn svalových úponů stupně C na pravé straně a stupně B na straně levé. Rozdíly se však nejvíce signifikantní (viz tab. 7–8). V případě úponů na pravé straně je tento trend ovšem vyvážen procentuálně stejným zastoupením úponů bez remodelace, přesněji v 40 % (viz graf 1). Protože neremodelované úpony jsou typické také pro zbytek populace Pohanska, vyšší frekvence závažnějších změn FMF by mohla posloužit k diferenciaci bojovníků v populaci. Na výpovědní hodnotě tohoto úponu by se ale mohla podepsat poměrně nízká zachovalost úponu 36 %, respektive 39 % (viz tab. 13).

Posledním úponem řazeným do komplexu asociovaného s jízdou na koni je CTS na patní kosti. V běžné populaci vidíme na obou stranách relativně stejné hodnoty s převládajícími změnami stupně B a C. Bojovníci se z tohoto vzorce vymykají vysokým procentem (60 %) remodelace stupně C na levém calcaneu (viz graf 1–2). Unilaterální zatížení CTS u skupiny bojovníků by mohlo svědčit o odlišné pravidelné činnosti, než jakou vykonávala ostatní populace Pohanska, konkrétně si tento pohyb spojujeme s unifikovaným

způsobem nasedání či sesedání z koně, kdy byla vyšší námaze vystavena jenom jedna končetina. Opět ovšem narážíme na problém malého vzorku, kdy nám statistické testy ukazují na vysokou míru náhodnosti u závažnějších remodelací, jako nápadné odhalují spíše vyšší výskyt nezměněných úponů této kategorie (viz tab. 8–9). Výsledky mohou být také ovlivněny nízkým počtem jedinců ve vzorku a nízkou zachovalost pouze 51 % (viz tab. 13).

Ukazuje se tedy, že vybraní bojovníci nejspíše pravidelně jezdili na koni. Z nashromážděných dat se zdá, že konfigurace nejlépe spojitelná s vybranými jedinci je remodelace stupně B na svalových úponech na *tuberositas ischiadica* a absence změn na *patelle* a závažnější změny FMF a CTS. Pro odhalení aktivních jezdců by mohly být zvlášť významné i změny na patní kosti, je ovšem nutné připomenout, že v našem souboru je pouze 10 identifikovaných bojovníků a i mezi těmito jedinci, přestože historické prameny o válečnictví na Velké Moravě by jezdce a bojovníka ztotožňovali, pouze 6 bylo nalezeno v přímé asociaci s jezdeckou výbavou.

Když si mezi jednotlivé soubory promítneme jedince KZH H003, uvidíme podobnost se skupinou bojovníků u úponů CSB a PQF, v případě úponu na kosti patní je remodelací stupně B podobný spíše běžné populaci Pohanska. Na povrchu velkého trochanteru nemohly být změny kvůli špatné zachovalosti pozorovány (viz graf 1–2).

### 5.3.1.2. Nošení zbroje

Pro indikaci nošení zbroje byly zvoleny úpony svalů *m. gluteus maximus* na *tuberositas glutea* a *m. vastus medialis* (úpon FGF), *adductor magnus* a *longus* na *linea aspera* (úpon FLA) pravé a levé končetiny (Havelková, 2010; Čihák, 2011). Ve sledovaném souboru se jedná o úpony s nejvyšší mírou zachovalosti vždy překračující 90 % (viz tab. 13).

Vzhledem ke značné váze zbrojí používaných v raném středověku jako jejich indikátory byly zvoleny svalové úpony, v bioarcheologii spojené s nošením těžkých břemen (Molleson, 2007; Havelková, 2010). Tento fakt by mohl působit problémy s hodnocením, neboť těžce manuálně pracující jedinec z nižších společenských vrstev se bude v záznamu entezopatií shodovat s manuálně nepracujícím jedincem z řad elit, který ale pravidelně nosil těžkou zbroj. Výše byly ovšem představeny tři možné modely raně středověkého bojovníka, při hodnocení této skupiny by mohl nejlépe vyniknout model 1, tedy lehce oděný jezdec. Tento lehce oděný bojovník by v bioarcheologickém záznamu měl teoreticky vykazovat absenci změn na sledovaných úponech nebo pouze změny minimální.

Změny na úponech asociovaných s nošením zbroje ale neposkytují příliš jasné výsledky. Mezi remodelacemi FGF na pravé straně převládají změny stupně B jak u běžné

populace, tak u bojovníků se zastoupením mezi 40% – 48% (viz graf 3). Na straně levé mírně převažuje remodelace typu C mezi celkovou Pohanskou populací s 44 % oproti 41 % jedinců se změnami typu B (viz graf 4). U bojovníků byly na levé straně stejně procentuálně zastoupeny úpony z kategorií A tedy beze změn a mírnější projev remodelace B v 38 %. U úponu FLA převládají nezměněné varianty ve všech kategoriích, u bojovníků dokonce v 81 % (viz graf 3–4). Celkově můžeme vidět nepatrně vyšší zastoupení neremodelovaných oblastí, rozdíly jsou však statisticky zanedbatelné (viz tab. 8–9).

Svalové úpony pravé končetiny jedince KZH H003 byly hodnoceny za B pro FGF a za A pro FLA, čímž odpovídá trendu jak v běžné Pohanské populaci, tak mezi bojovníky (viz graf 3–4). Levá končetina nemohla být kvůli zachovalosti hodnocena.

### 5.3.1.3. Boj na krátkou vzdálenost

Ke zkoumání znaků spojených s bojem na krátkou vzdálenost se v této práci přistupuje z poněkud širšího pohledu. Ostatní zmíněné činnosti se zaměřují přímo na jednu konkrétní aktivitu, jako je napínání luku, hození předmětu. Boj na krátkou vzdálenost považujeme za souhrn více pohybů. S pohybem při máchání mečem či sekyrou spojujeme aktivitou flexorů a extensorů zápěstí upínajících se na *epicondylus lateralis* (úpon HEL) a *medialis* (úpon HEM), dále *m. pectoralis major s insertio na crista tuberculi majoris* (úpon HGP) začátek *m. biceps brachii* na *tuberositas radii* (úpon RBB) a *insertio m. triceps brachii* na *olecranonu* (úpon UTB) (Havelková, 2010) na dominantní straně. Pohyb prováděný *m. deltoideus* upínajícím se na *tuberositas deltoidea* (úpon HDE) by se dal spojit se zdviháním a držením štítu, zaměřujeme se tedy na úpon na levé straně za předpokladu, že dominantní rukou byla ta pravá (Hardyck and Petrinovich, 1977; Havelková, 2010; Čihák, 2011).

Pro větší přehlednost byly ještě zvláště hodnoceny svaly dolní končetiny, konkrétně úpon svalů na trochanter major FMF, FPF a na trochanter minor FIP. Změny v oblasti těchto úponů jsou u recentní populace nejčastěji spojovány se sportovní aktivitou, jmenovitě ragby či tenisem (Krejčí and Koch, 1979; Havelková, 2010). Nabízí se zde tedy analogie s pěším válečnictvím raného středověku.

Z celé skupiny horní končetiny vystupuje mezi bojovníky pouze mírně zvýšený výskyt remodelace typu B HGP s 67 %, v porovnání s průměrně 49 % u srovnávacího souboru. Úpon RBB se u bojovníků vyskytuje z 50 % ve stupni A a B, v ostatní populaci je pak A zastoupena z 35 % a B z 56 % (viz graf 5). Pozorovat můžeme spíše nižší zatížení sledovaných úponů ve skupině bojovníků jak u HEM, HEL tak UTB. Úpon HEL je beze

změn dokonce v 83 %, stejné charakteristiky má HEL úpon, ale i u běžné populace Pohanska, kde se jeho neremodelovaná forma vyskytuje průměrně v 61 % případů (viz graf 5). Úpon HDE u bojovníků vykazuje změny stupně B v 50 % případů, zbývajících 50 % jedinců nejeví známky remodelace. U srovnávacího souboru mírně převládají neremodelované úpony. Žádný z těchto úponů však neodhaluje statisticky významné rozdíly a zdá se, že menší míra změn na těchto úponech je typická pro celou mužskou populaci Pohanska (viz tab. 6–7).

Přestože všechny tři úpony na pravé dolní končetině u bojovníků kopírují stav v populaci, můžeme vidět, nápadně vyšší zastoupení změn typu C. Na levé končetině dosahuje úpon FPF stavu C až v 67 % bojovníků, ve srovnávacím souboru je tato remodelace zastoupena maximálně v 23 % a převládají změny typu B z 78% výskytu. Signifikantní se jeví i vyšší procento remodelací C na úponu FIP pravé strany (viz tab. 8–9). Tomuto trendu se mírně vymyká FMF levé strany, kde u bojovníků převládají změny stupně B, ale srovnávací soubor je typický spíš nezměněnými úpony (viz graf 6–7).

Ze zjištěných dat se ukazuje, že u bojovníků jsou sice typické úpony HEM, HEL a UTB dx, nejevící známky remodelací, toto tvrzení ale nelze statisticky podpořit, navíc úpony HEM, HEL a UTB vykazují malou míru zachovalosti pouze okolo 40%.

Oproti tomu svaly dolní končetiny upínající se k velkému a malému trochanteru na kosti stehenní vykazují známky vyššího zatížení, které podporuje statistika (viz tab. 8–9). Zdá se tedy, že pro diferenciaci bojovníků v populaci mají větší význam.

U vybraných bojovníků z populace Pohanska-Břeclavi byla pozornost u horní končetiny zaměřená na pravou stranu, neboť většina populace byla a je pravoruká (Raymond et al., 1996), data CSG ovšem ukazují, že jedinec KZH H003 byl spíše levák (viz níže). V jeho případě byly brány v potaz úpony přesně opačně, než jak jsou u běžné populace, tedy HEM, HEL, HGP a UTB levé končetiny a HDE pravé, všechny byly hodnoceny stupněm B. Od ostatních bojovníků se sledovaný jedinec odlišuje vyšším zatížením flexorů a extensorů zápěstí dominantní ruky a úponem UTB na stejné končetině. Toto zjištění ale trochu komplikuje fakt, že podobný trend flexorů a extensorů levé končetiny vykazují i bojovníci, přestože u nich ji nepovažujeme za dominantní. Závažnějšími změnami UTB se jedinec podobá spíše běžné populaci. Jediný úpon z této skupiny na dolní končetině, který byl hodnotitelný u jedince KZH H003, byl FPF dx, s hodnotou B, čímž se neodlišuje ani od jedné ze sledovaných skupin (viz graf 5–7).

#### 5.3.1.4. Hod zbraní

Svaly odpovědné za pohyby při hodu jsou flexory zápěstí dominantní ruky a *m. pectoralis* na obou stranách (Havelková, 2010; Čihák, 2011). V této skupině úponů se bojovníci vyznačují vyšším bilaterálním zatížením úponů HGP v obou případech z 67 %. Srovnávací soubor jeví podobné zatížení stupně B na pravé straně až u 59 % jedinců z Rotundy, na straně levé ovšem převládají neremodelované úpony zastoupené z 58–62 %, s remodelacemi B pouze v 33–36 %. Flexory zápěstí jeví mezi bojovníky výrazně menší stupeň zatížení než u běžné populace. Oblasti bez známek remodelace byly u bojovníků zjištěny v 83 % a se změnami stupně B v 17 %, oproti průměrným hodnotám 61 % a 39 % u jedinců z ostatní populace (viz graf 8). HEL A není statisticky významný, stejnou situaci zaznamenáváme i u HGP obou končetin (viz tab. 6–7). Oboustranné zatížení HGP by tedy mohlo být diferencujícím prvkem mezi bojovníky a běžnou populací, pro ověření by však bylo potřeba větší vzorek.

KZH H003 vykazuje podobnost s ostatními bojovníky v bilaterálním zatížení úponů HGP, HEL jsme stejně jako u předchozích úponů hodnotili na opačné končetině než u zbytku populace. V případě HEL byl H003 hodnocen stupněm B, vzhledem k 50 % rozdělení změn A a B u bojovníků lze jen těžko považovat tento rozdíl za významný (viz graf 8).

#### 5.3.1.5. Lukostřelba

Znaky lukostřelby spojujeme s úpony *m. supraspinatus* a *infraspinatus* na *tuberculum majus* (úpon HSI), opět začátek *m. biceps brachii* na *tuberositas radii* (úpon RBB) na dominantní ruce a úpon *triceps brachii* na *olecranonu* (úpon UTB) (Havelková, 2010; Čihák, 2011).

V hodnocení všech tří úponů této skupiny lze u bojovníků opět pozorovat vyšší zastoupení úseků nevykazujících morfologické změny. Pro HSI v 60 % oproti 40 % průměrnému zastoupení u srovnávacího souboru. Ve stejném procentu se vyskytuje mezi bojovníky neremodelovaný úpon UTB sin, ve srovnání s až 67 % zastoupením změn typu B u zbylé populace. Úpon RBB se u bojovníků vyskytuje z 50 % ve stupni A a B, v ostatní populaci je pak A zastoupena z 35 % a B z 56 % (viz graf 9).

Pozorujeme tedy typickou konfiguraci bojovníků v této skupině jako HSI A, RBB A/B a UTB A, což by znamenalo, že bojovníci neměli příliš rozvinuté svaly spojované s lukostřelbou. Tento výsledek by mohl ukazovat na význam branců z řad rolníků, kteří tvořili střeleckou podporu jízdní družiny (Klučina and Major, 1958), jejíž příslušníci se tedy

nemuseli příliš věnovat nácviku lukostřelby, neboť to nebyla jejich primární zbraň. Na základě těchto výsledků by mohly být za typickou kombinaci považovány úpony HSI a UTB bez remodelací, RBB pak neposkytuje diferencující informace. Pozorování však není statisticky doložené (viz tab. 6–7).

Záznam entezopatických změn KZH H003 se podobá spíše jedincům ze srovnávacího souboru v remodelaci stupně B u UTB, RRB levé končetiny nemohl být hodnocen a úpon HSI stupně C se vymyká z průměru celé populace (viz graf 9). Zvýšená zátěž na úponech HSI, RBB a UTB by mohla napovídat, že H003 prošel výcvikem v užívání luku.

#### **5.3.1.6. Bojovníci Pohanska-Břeclavi**

V této práci jsou testovány tři modely vzhledu raně středověkého bojovníka. Model 1 je lehko oděný jezdec, model 2 těžko oděný jezdec a model 3 příslušník běžné populace. Jedinci, kteří byli v souboru Pohanska identifikováni jako bojovníci, pravděpodobně jezdili na koni, trénovali boj zblízka a házení zbraní, naopak se zdá, že nenosili ochranou zbroj a necvičili se v lukostřelbě. Výsledkům tedy nejlépe odpovídá model 1. Takový výsledek se shoduje s archeologickými nálezy spojenými s bojovníky Velké Moravy, kde chybí právě nálezy ochranných zbrojí (Klučina and Major, 1958). Nejspíše kvůli malému počtu bojovníků v našem souboru ale pozorované rozdíly nejeví téměř žádnou statistickou významnost (viz tab. 6–12) a pro jejich ověření by bylo potřeba závěry otestovat na větším souboru velkomoravských bojovníků.

Pokud s obrazem bojovníků z Pohanska-Břeclavi srovnáme jedince KZH H003, zjistíme, že i on se shoduje nejlépe s modelem 1. Sledovali jsme změny spojené s jízdou na koni, bojem na krátkou vzdálenost, hodem zbraní, menší zatížení svalů spojených s nošením zbroje, přesto se jedinec KZH H003 od bojovníků odlišuje a to změnami na úponech svalů spojovaných s lukostřelbou.

#### **5.3.2. Entezopatické změny svalových úponů: Osteobiografie**

Tato kapitola se věnuje osteobiografickému srovnání populací Pohanska bez ohledu na specifické činnosti, jako tomu bylo v předchozí kapitole. Pozornost zde bude věnována pouze úponům, které nebyly zařazeny do předchozí analýzy.

Z úponů horní končetiny nebyla věnována pozornost úponům *m. subscapularis* na *trochanter minus* (HSC), úponu *m. pronator teres* na kosti vřetení pravé i levé končetiny (RRP), začátek *m. biceps brachii* na *tuberositas radii* (úpon RBB) na levé končetině,

*m. deltoideus* (HDE) pravé končetiny a *m. supra* a *infraspinatus* na levé pažní kosti (HSI)(Havelková, 2010; Čihák, 2011).

V případě HSC odhaluje srovnání rozdíl mezi populacemi pouze v nepatrně vyšším zatížení na levé straně, typ C je u bojovníků zastoupený v 25 % oproti průměrně 7 % u srovnávacího souboru. Podobně se ukazuje též úpon HSI na levé straně. Většina bojovníků vykazuje neremodelované úpony, změny typu C se ale projeví u 25 % jedinců oproti 6 % u ostatních subjektů (viz graf 11).

HDE kopíruje mezi bojovníky populační trend největšího zastoupení nezměněných úponů. Stejně je tomu u RBB na levé straně, kde mezi bojovníky převládají remodelace typu B (viz graf 10 a 12).

I úpon RRP se bojovníci projevují spíše nižší mírou remodelace (57 % typ A), než zbývající populace na pravé straně (nejvíce zastoupeny změny typu B 47 %). Levá strana poté nevybočuje z variability Pohanské populace (viz graf 12). Rozdíl mezi úpony HSI, HSC, RRP a HDE však nevykazuje statistickou významnost (viz tab. 6–7).

U jedince KZH H003 nemohl být úpon HSC dx hodnocen, HSC a HSI sin vykazují změny typu C, a podobá se tak souboru bojovníků. HDE dx, HEM sin a HEL sin byly hodnoceny jako B. V případě HDE a HEL se tedy zdá podobnější populaci z 2. kostela, u HEM by se asi nejlépe dal zařadit k bojovníkům. RBB a RRP levé strany nemohly být hodnoceny, RRP typu B ovšem lépe zapadá do srovnávacího souboru než mezi bojovníky (viz graf 10–12).

Z úponů dolní končetiny nebyl v předchozí kapitole hodnocen pouze začátek *m. soleus* na kosti holenní (TSO) jak pravé, tak levé končetiny (Havelková, 2010; Čihák, 2011). Úpon tohoto svalu se mezi skupinou bojovníků opět projevuje vyšším počtem jedinců s nezměněným úponem až v 60 % bilaterálně oproti 34 %, respektive 33 % u srovnávací populace (viz graf 18). Ani zde ale malý soubor neposkytuje významné statistické rozdíly (viz tab. 8–9). *Musculus soleus* bývá v bioarcheologii spojován s chůzí na dlouhé vzdálenosti, členitým terénu či nošením těžkých břemen (Havelková, 2010).

Úpon TSO jedince KHZ H003 byl hodnocen jako B pro pravou stranu a A pro levou. Pravá končetina by jedince tedy spíše řadila mezi běžnou populaci, kdežto levá spíše ke skupině bojovníků (viz graf 18).

Mezi výše ještě nehodnocené úpony patří také úpony *ligamentum flava* upínající se na oblouky obratlů páteře (Havelková, 2010). Na krční páteři se setkáváme s minimální přítomností změn, ale také s menší zachovalostí (viz tab. 10 a 14). U hrudní páteře ale vidíme



trend narůstajícího počtu změn i jejich závažnosti směrem k jejím dolním segmentům, s vrcholem na obratli Th11. Opačný trend pak naopak pozorujeme na bederní páteři, kde změn ubývá ve směru L1 (viz graf 20–22).

Jako u dalších skupin je zde pozorovatelné nepatrně menší procentuální zastoupení závažnějších typů remodelací u bojovníků. Z hodnocení statistiky ale významně vystupuje pouze vyšší procento zatížení na obratli Th8, a S1 (viz tab. 11–12).

Z důvodů špatné zachovalosti byly u KZH H003 hodnoceny pouze obratle C7 a obratle Th1–Th2 beze změn, Th3–Th5 a Th7 se změnami typu B, Th6–Th8 a Th9–Th10 s remodelacemi stupně C (viz graf 20–22).

### **5.3.3. Analýza transverzálních průřezů dlouhých kostí**

Srovnávací soubor pro analýzu transverzálních průřezů dlouhých kostí tvořilo celkem 85 příslušníků běžné populace a 10 jedinců identifikovaných jako bojovníci, všichni jedinci byli muži. Špatná zachovalost nedovolovala kvůli chybějícím parametrům hodnotit jedince KZH H001. Při srovnání CSG parametrů jedince KZH H003 jsme zjistili, že ve všech sledovaných parametrech, s výjimkou pravé holenní kosti a levé kosti pažní, se nachází pod průměrem jak běžné Pohanské populace, tak bojovníků (viz tab. 15–16). Nadprůměrně robustní levá pažní kost by mohla ukazovat, že sledovaný jedinec byl za života levoruký. Zajímavé je ale, že i když srovnáme jeho levou dominantní končetinu s pravou dominantní končetinou ostatní populace, pořád se nachází pod průměrem (viz tab. 15).

Pokud se dále zaměříme na asymetrii horních končetin u vybrané skupiny bojovníků stejně jako u běžné populace Pohanska, převažuje asymetrie ve prospěch pravé ruky. Průměrné hodnoty asymetrie dosahuje 13% u bojovníků a 11% u srovnávací populace oproti tomu jedinec KZH H003 dosahuje 29% asymetrie ve prospěch levé končetiny (viz tab. 16). Jak je uvedeno výše, vyšší míra bilaterální asymetrie, zejména v síle, kterou kost odolává torzi, by mohla poukazovat na pravidelný trénink s jednoruční zbraní, započatý již brzy v životě jedince (Rhodes and Knüsel, 2005; Sparacello et al., 2015). KZH H003 tedy vykazuje neobvykle vysoké hodnoty oproti zbytku populace, a bylo by možné uvažovat, že se pravidelně a již od dětství připravoval na bojovou činnost. Stejný obraz bychom ale očekávali i u dalších jedinců identifikovaných jako bojovníci, takovou skutečnost ale nepozorujeme. Toto velké zatížení by mohlo souviset s osobní výbavou H003. V hrobě KZH H003 byl nalezen železný meč dlouhý 93 cm, což je vzhledem k malému vzrůstu jedince (155–157 cm) zdá poněkud hodně. Cvičení s neúměrně těžkým mečem by tedy mohlo být příčinou značné asymetrie.

Z dat se také ukazuje, že hutnou kostní tkáň má jedinec KZH H003 u obou pažních kostí více zastoupenou v antero-posteriorním směru (viz tab. 15). Zesílení kosti A-P směru odpovídá aktivitě svalů zodpovědných za flexi a extensi paže, tedy za pohyb, který by mohl být asociován s mácháním jednoruční zbraní. Antero-Posteriorní uložení hutné kostní tkáně ovšem převažuje i u zbytku Pohanské populace a to až v 96% případů u pravé končetiny a 93% u levé. Vyšší síla kosti v ohybu A-P směru levé končetiny u KZH H003 by mohla opět souviset s jeho těžkým mečem, rozdíl se ale nejeví, tak velký aby byl statisticky významný. I přesto bylo by možné uvažovat o tom, že kdybychom viděli podobný trend u vybrané skupiny bojovníky mohlo by se jednat o diferencující prvek spojený s tréninkem s těžkými zbraněmi. Takový trend, ale mezi identifikovanými bojovníky nevidíme (viz tab. 15).

Pokud jde o robusticitu dolních končetin, stehenní kost KZH H003 se znovu ukazuje jako méně robustní ve srovnání s populací (viz tab. 16). Naopak kost holenní tohoto jedince vykazuje vyšší robusticitu. Celá populace se jeví jako spíše méně mobilní. Při srovnání indexu mobility jak na stehenní, tak na holenní kosti zjistíme, že se sledovaný jedinec nevymyká skupině bojovníků ani srovnávacímu souboru Pohanska. Rozdíly mezi KZH H003 a populací nevykazují statistickou významnost (viz tab. 16).

Změny v rozložení kostní tkáně také může pomoci při identifikaci lukostřelců. Při pohybu spojeném s opakovaným zdviháním a napínáním luku by u jedince došlo k zesílení hutné kostní tkáně v medio-laterálním směru. U KZH H003 a stejně tak ve zbytku populace se ale projevuje opačný trend (viz tab. 15). Dalším signálem ukazujícím na lukostřelce je zesílení horních končetin v poměru ke končetinám dolním. Pokud byl jedinec lukostřelec, bude poměr mezi dolní a horní končetinou nižší, ve sledovaném souboru sice vidíme nepatrné snížení tohoto poměru u bojovníků i u KZH H003, ale rozdíl je statisticky nevýznamný (viz tab. 16). Z uvedených dat se tedy zdá, že na základě CSG nemůžeme v tomto souboru rozlišit lukostřelce. Data tedy naznačují, že se jednalo o jedince, který se nejspíše cvičil v boji s mečem, obecně ale nebyl vystaven ve svém životě vysoké fyzické námaze, a že se s největší pravděpodobností jednalo o leváka.

#### **5.3.4. Fourierova analýza morfologie acetabulárního okraje**

Pokud však porovnáme hodnoty jednotlivých koeficientů stejně jako jejich poměrů, uvidíme, že jedinci, které identifikujeme jako bojovníky na základě hrobové výbavy, ve všech případech zapadají do variability pohanských populací z lokalit 1. a 2. kostela (viz graf 22–26). Když se na data podíváme podrobněji a zaneseme do nich jednak hodnoty pro

námi sledovaného jedince KZH H003 a tabulková data z práce Erickson et al. (Erickson et al., 2000), uvidíme další trendy. V koeficientech  $A_0$ ,  $B_2$ ,  $A_5$  zapadají obě populace amerických indiánů do variability populace Pohanska-Břeclavi. Pouze v koeficientu  $B_2$  pak Larsenův i Leavenworthův soubor koreluje s užší skupinou identifikovaných bojovníků. V koeficientu  $B_2$  se průměrná hodnota souboru jezdců blíží nepatrně více ke středním hodnotám bojovníků z Pohanska, rozdíl je však pouze nepatrný. Jak lze předpokládat, stejná situace je i v případě, že srovnáme poměry těchto koeficientů. Koeficienty  $A_0$ ,  $B_2$ ,  $A_5$ , tedy nemohou být použity k diskriminaci jednotlivých skupin, a to nejenom při posuzování, zda byly jedinci jezdci či nikoliv, ale i s ohledem k jaké populaci patřili (viz graf 23, 24–25, 26–27). Ve zbylých koeficientech  $A_1$ ,  $A_3$  a  $B_4$ , vybočují indiánské populace silně mimo variabilitu populací z Pohanska-Břeclavi (viz graf 23–25, 26–27).

Shromážděná data ukazují, že ani za předpokladu podobných vzorců chování není možné srovnávat morfologii souboru původních obyvatel Ameriky s raně středověkou populací Pohanska. Vztahy mezi jednotlivými skupinami v populaci Pohanska byly podrobeny analýze párovému T-testu, realizovanému v prostředí R. Rozdíly mezi žádným z koeficientů však nejevily statistickou významnost (viz tab. 5). Vzhledem k vysoké variabilitě mezi bojovníky tak v celé populaci Pohanska není možné odhalit tvarovou charakteristiku, která by jasně odlišovala jezdce od běžné populace Pohanska.

## **5.4. Odhad pohlaví na základě Fourierovi analýzy morfologie acetabulárního okraje**

### **5.4.1. Pohlavní rozdíly v morfologii acetabula**

Průměrné hodnoty koeficientů a jejich poměrů pro muže a ženy byly opět vyneseny do grafů (viz graf 28–33). Markantní rozdíly byly odhaleny u koeficientu  $A_1$ , jehož hodnoty nabývají u žen v průměru menších hodnot než u mužů (viz graf 28). Statistická analýza také odhalila významnost u nižších hodnot koeficientů  $A_0$  a  $A_3$  (viz tab. 5).

Koeficient  $A_1$  udává základní dimenzi oblouku, je ho tedy možné asociovat spíše než s tvarem acetabula s jeho celkovou velikostí. Stejně tak  $A_0$  udává polovinu vzdálenosti mezi dolními okraji acetabula. Koeficienty  $A_0$  a  $A_1$ , tedy souvisí s velikostí a nikoliv s tvarem. Oproti tomu  $A_3$  nám udává informaci o plochosti tvaru vůči středové ose.

Průměrný tvar ženského a mužského acetabula byl vyneseny do grafu. Při zachování měřítka se zdá být velikost hlavním faktorem odlišujícím muže a ženy (viz obr. 23). Už při tomto měřítku se zdají být tvarové odlišnosti zanedbatelné.

V dalším obrázku jsme se pokusili o zobrazení obou průměrů ve srovnatelné velikosti, abychom mohli pozorovat tvarové odlišnosti. Ze srovnání se zdá, že ženské acetabulum skutečně nabývá širších proporcí než mužské. Rozdíl je ovšem, zvláště v porovnání s rozdíly ve velikosti, zanedbatelný (viz obr. 23).

Přestože byly odhaleny rozdíly mezi mužskou a ženskou populací, stejně jako v případě bojovníků tvar acetabula neposkytuje dostatečně diskriminující rozdíly. Jak bylo vidět v předchozích odstavcích, hlavní rozdíl mezi muži a ženami je ve velikosti a nikoliv ve tvaru. Tělesná velikost je ovšem značně interpopulačně variabilní (Ruff et al., 2012). Pokud bychom předpokládali, že v rámci populace Pohanska-Břeclavi jsou pohlavní rozdíly ve velikosti konstantní, prezentované rozdíly ve velikosti acetabula by mohly posloužit jako populačně specifická metoda určení pohlaví. Na základě těchto poznatků byl vytvořen lineární klasifikátor, výsledky jsou prezentovány v následující kapitole.

#### **5.4.2. Klasifikace pohlaví**

Klasifikace byla realizována v prostředí programu R (<https://en.wikipedia.org>, 2016a; <https://www.r-project.org/>, 2016) (viz skript 1). V původním vzorku 1. a 2. kostela úspěšně identifikuje u 87 jedinců pohlaví s 95,4 % úspěšností. Z 87 jedinců bylo tedy určeno 83 jedinců správně a 4 špatně. Dvě ženy a dva muži byli určeni nesprávně, úspěšnost odhadu u žen dosahuje 92,5 %, u mužů pak 96,6 %. Výsledek ovšem není překvapující, neboť na tomto vzorku byla funkce vytvořena. Testovací soubor vykazuje 78 % úspěšnost, opět bylo 5 jedinců určeno nesprávně. Ženy byly určeny nesprávně ve 3 případech, úspěšnost odhadu je tedy 66,6 %. Muži byli nesprávně zařazeni ve 2 případech a tedy s úspěšností 86 %. Je ovšem nutné zopakovat, že k dispozici bylo pouze 23 jedinců. Snížená úspěšnost odhadu u žen nejspíše souvisí s jejich menším zastoupením ve sledovaných souborech. Pro lepší ověření úspěšnosti této analýzy by bylo třeba ji otestovat na větším souboru jedinců a to jak na dalších populacích raného středověku Moravy, tak na populacích časově i geograficky odlišných.

## 6. Diskuse

### 6.1. Paleodemografie

Špatná zachovalost komplikovala určení pohlaví zkoumaných jedinců. V případě KZH H003 bylo možné hodnotit pouze stav *incisura ischiadica major* a *arc composé* podle metody Brůžek (2002). Výhoda této metody je právě v možnosti odhadu pohlaví u fragmentárních nálezů pánevní kosti, různé hodnocené úseky, ale mají odlišnou pravděpodobnost úspěšného odhadu pohlaví. Úspěšnost odhadu pohlaví z izolované *incisura ischiadica major* dosahuje u mužů 25,6–38,8 % a u ženské formy 32,8–39 %. Samostatný *arc composé* odhaduje pohlaví správně v 67,3–78,3 % respektive 86,6–92,2 % (Brůžek, 2002).

Dobrá zachovalost lebky ale dovolila hodnotit všechny vybrané pohlavně dimorfní znaky na lebce (Buikstra and Ubelaker, 1994). Pokud je možné hodnotit všech pět znaků, dosahuje úspěšnost odhadu pohlaví 87,5–91,1 % (Walker, 2008).

V případě KZH H001 bylo nutné pro odhad pohlaví využít archeologické nálezy asociované s tímto jedincem. Odhad pohlaví pomocí archeologických nálezů ale můžeme považovat za poměrně spolehlivý, protože odhad pohlaví, u jedinců pohanského souboru zkoumaných v této práci, na základě antropologie a archeologie se lišil pouze v jediném případě. U jedince číslo 92 bylo pohlaví odhadnuto jako ženské, ale inventář hrobu tvořila jezdecká, tedy mužská výbava (Dostál, 1971; Macháček, 2016 nepublikováno).

Pro odhad věku, u vybraných jedinců, bohužel nebylo možné využít metodu odhadu pomocí změn na pubické symfýze, která byla přednostně využívána pro odhad věku u srovnávacího souboru Pohanska (Sládek et al., 2015). Pro odhad věku využitá metoda hodnocená *facies auricularis* ovšem dosahuje také poměrně dobrých výsledků v úspěšnosti odhadu věku mezi 76–81 % (Lovejoy et al., 1985).

Kvůli špatné zachovalosti znaků vhodných pro odhad věku u našich jedinců jsme využívali také hodnocení prořezané dentice a osifikace dlouhých kostí. Metody maturace skeletu jsou ale zpravidla vypracovány na současné populaci, a přes jejich značnou genetickou determinaci tedy nemůžeme vyloučit odlišný průběh maturace kostry u ancestrální populace, jako byla ta z raně středověkého Pohanska (Black and Ferguson, 2011).

## 6.2. Entezopatie

Z výše uvedených pozorování se zdá, že vybraná skupina bojovníků ve většině vybraných případů vykazovala spíše nižší míru zatížení svalových úponů. Ve starší studii byla odhalena souvislost mezi rozvojem EC na úponech UTB a FMF a jedinci s bojovníckou výbavou či elitním pohřbem (Havelková et al., 2013). Jedinci v této studii se projeví spíše menším zatížením úponu UTB, úpon FMF, přestože malý vzorek, nevykazuje statistickou významnost, jeví podobné výsledky. Jako nejnápadnější rozdíl mezi bojovníky a srovnávacím souborem se ukazují vyšší bilaterální zatížení HGP na horní končetině a dalších úponů jako FMF upínajících se k velkému, malému trochanteru FPF, FIP a TSO na holenní kost. Mohlo by se tedy jednat o svaly přednostně zatěžované v boji muže proti muži. V případě horní končetiny užívání meče, sekery či kopí v jedné ruce a štítu v druhé, což ale bohužel nepodporují další úpony, které si spojujeme s užíváním zbraní. U dolní končetiny by se mohlo jednat o projev námahy svalů při udržování rovnováhy v boji, přetlačování se s protivníkem (Steen and Lane, 1998), nebo rozmachu zbraní, do kterého bylo zapojené celé tělo jako například v tenise při úderu tenisovou raketou (Krejčí and Koch, 1979; Havelková, 2010).

U boje z blízka byly zařazeny také úpony HEM a HEL tedy úpony extensorů a flexorů. Úpony HEM a HEL byly vybrány, protože při studiu transversálních průřezů dlouhých kostí byla zjištěna možná souvislost mezi opakovanou flexí a extensí paže a používáním jednoruční zbraně (Rhodes and Knüsel, 2005). V případě bojovníků jsme ale nepozorovali výrazné změny úponů HEL a HEM. S představou raně středověkého bojovníka by se ovšem tato zjištění nemusela vylučovat. Z dřívějších studií je známo, že HEM a HEL se známkami vyššího zatížení nalézají hlavně u jedinců s hrobovou výbavou ukazující na řemeslnou činnost, jako je zpracování kůže, a ne na bojovníky (Havelková, 2010). Předpokládáme, že kosti horní končetiny bojovníků buď nebyly vystavené takové námaze jako kosti ostatních členů populace nebo na zátěž reagovaly například změnou vlastností hutné kostní tkáně.

Jak bylo diskutováno výše, jádro velkomoravské armády tvořili jízdní bojovníci. Proto se tato práce zaměřila také na zjišťování, zda byli zkoumaní jedinci aktivními jezdci. Přestože data nejsou statisticky průkazná, je možné u bojovníků vidět známky vyššího zatížení u úponů spojených s takzvaným „*Horseback riding*“ syndromem (Pálfí and Dutour, 1996), a to pouze s výjimkou o úponu *m. quadriceps femoris* na *patelle*. Fakt, že je tento sval mezi bojovníky nápadně málo zatížený, se zdá zvláštní, neboť v souvislosti s jízdou na koni

by měl být sval *quadriceps femoris* poměrně hodně namáhaný. Běžně je čtyřhlavý sval stehenní spojován pohybem při zvedání se ze sedu, jezdec by ho zatěžoval při vytahování se do sedla koně a při zapírání se do třmenů při jízdě.

Nápadný je také vyšší produkce osteofytů mezi jezdci na patní kosti. V současné populaci jsou exostózní změny na patní kosti spojené s častou chůzí po tvrdém povrchu. Tento syndrom se nazývá „*Policeman bone*“ (İşcan and Kennedy, 1989). Jak název napovídá, jde o změny typické pro policisty, kteří tráví celý den chůzí po tvrdém povrchu městských komunikací. V důsledku stresu působícího na patní kost pak pozorujeme produkci kostní hmoty na patním hrbolu. Změny na patní kosti jsou ovšem bilaterální, neboť k chůzi používáme rovnoměrně obě končetiny. V našem případě jde ale pouze o unilaterální změnu. Nabízí se tedy hypotéza, že unilaterální změna i ve srovnání s pohanskou populací, kde je zatížení spíše bilaterálně rozložené, je projevem určitého odlišného habituálního chování. Mohlo by se tedy jednat o takzvanou „*Rider's bone*“. *Rider's bone* jsou změny v podobě exostóz či fraktur na patní kosti způsobené dopady na patu při sesedání z koně (İşcan and Kennedy, 1989). Pozorování zvýšené frekvence změn na levé straně by mohlo svědčit o pravidelném sesedání z koně stejným způsobem, kdy jedinec dopadl primárně na levou nohu. Opět ovšem narážíme na problém malého vzorku, kdy nám statistické testy ukazují na vysokou míru náhodnosti u závažnějších remodelací, jako nápadné odhalují spíše vyšší výskyt nezměněných úponů této kategorie (viz tab. 8–9). Výsledky mohou být také ovlivněny nízkým počtem jedinců ve vzorku a nízkou zachovalostí pouze 51 % (viz tab. 13). Vysoká námaha svalů připojovacího se k tomuto úponu ale může také souviset s častou a namáhavou chůzí s břemeny či po členitém terénu (Molleson, 2007), nedá se tedy vyloučit, že výskyt těchto změn na patní kosti s jízdou nesouvisí.

Úpony svalů, které spojujeme s nácvikem lukostřelby, u bojovníků v této studii nevykazují s výjimkou úponu RBB známky remodelací. Ani RBB nejspíše neposkytne žádné diferencující údaje, protože vykazuje vyšší frekvenci změn v celé populaci. Naopak v případě celé populace Pohanska stejně jako RBB i úpony HSI a UTB jeví známky vyššího zatížení. Tento výsledek by ale mohl podporovat teorii o branné síle z řad rolníků (Klučina and Major, 1958) a tato studie tak nemůžeme vyloučit existenci modelu bojovníka 3. Příslušníci elity nejspíše neprocházeli nijak extensivním tréninkem v používání luku a luk nebyl jejich primární zbraní. V případě konfliktu pak byla role jízdních bojovníků nejspíše v kontaktním boji s nepřítelem a případnou střeleckou podporu zajišťovali oddíly z řad

poddaných rolníků, kteří byly možná, podobně jako v pozdějších obdobích středověké Anglie (Rhodes and Knüsel, 2005), aktivně podporovaní v tréninku lukostřelby.

Ze zatím diskutovaných změn na kostře se zdá, že jedinci identifikovaní jako bojovníci v populaci Pohanska, by spadali do teoretických modelů číslo 1 a 2. Jedinci vykazují známky tréninku boje zblízka a pravidelné jízdy na koni, nezdá se však, že by se cvičili v lukostřelbě. Modely 1 a 2 odlišuje ochranná výstroj, kterou tito bojovníci používali. Model 1 byl jezdec bez těžké zbroje a model 2 jezdec vybavený těžkým kovovým pancířem, případně i přilbou. Zde ale narážíme na teoretický problém v hodnocení úponů FGF a FLA, protože se jedná o úpony spojené jednoduše s nošením těžkých břemen (Molleson, 2007; Havelková, 2010). V antropologickém záznamu se pak těžkou zbrojí zatížený bojovník projeví stejně jako těžká břemena přenášející rolník. Úpony bojovníků z Pohanska-Břeclavi ale vykazují spíše nižší hodnoty zatížení. Tato skutečnost by tedy mohla pozitivně vnímána jako doklad existence lehce oděných bojovníků, tvořících jádro velkomoravského vojska, a korespondovala by i se sporadickými nálezy ochranné výstroje na velkomoravských nalezištích (Klučina and Major, 1958; Klučina, 2004).

Při teoretické tvorbě představy o raně středověkém bojovníkovi jsme vycházeli z názoru, že raně středověká velmožská družina byla tvořena profesionálními vojáky. Typický bojovník se tedy připravoval na bojový konflikt nejspíše od raného dětství a pravidelně trénoval, aby se udržel v kondici a vštípil si návyky nutné k přežití v bitvě. Taková pravidelně opakovaná činnost, zahrnující užívání těžkého vybavení by tedy měla zanechat pozorovatelné stopy na kostře. Sledovaní jedinci ovšem vykazují spíše nižší míru zatížení než běžná populace Pohanska.

Zdá se, že velkomoravské bojovníky nemůžeme, alespoň na základě entezopatických změn, považovat za obdobu moderního vojska. Družina byla zřejmě tvořena privilegovanými členy společnosti, majiteli půdy či velmožskými úředníky, jejichž hlavní činnost byla správa země a v případě potřeby branná povinnost. Tato raná šlechta se na brannou povinnost do určité míry připravovali, ale nejednalo se o jejich hlavní činnost.

Závěrem je k hodnocení entezopatií v této práci třeba zmínit, že do souboru mohla být zanesena chyba v hodnocení pozorovatelem. Metoda podle Villotte (2006) vykazuje vysokou míru opakovatelnosti (Havelková and Villotte, 2007). Pozorovatel v této studii neměl z hodnocením entezopatií předchozí zkušenosti a srovnání s hodnocením zkušeného pozorovatele (Havelková, nepublikováno) docházelo k systematickému nadhodnocení



úponových změn (viz tab. 17). Výjimku tvoří úpony flexoru a extensorů předloktí a úpon na *patelle*, kde naopak docházelo k podhodnocení výsledků (viz tab. 17).

### **6.3. Fourierova analýza morfologie acetabula**

Na začátku této studie byl předpoklad, že acetabulum bude svým tvarem reagovat na stres způsobený habituální jízdou na koni, který se svým charakterem liší od běžné chůze. Jako standard, vůči kterému byly porovnávány jedinci z Pohanska, byly vybrány hodnoty populací využitých v pilotní studii věnující se morfologické studii acetabula za pomoci Fourierovy analýzy (Erickson et al., 2000). Z prezentovaných výsledků však nelze vypožarovat souvislost mezi změnou morfologie acetabula a habituální jízdou na koni. Jedinci souboru z Pohanska vykazují poměrně velkou variabilitu ve tvaru kyčelní kloubní jamky a to nejenom uvnitř celé populace, ale i mezi zvláště vybranými jedinci, které hrobová výbava identifikovala jako příslušníky třídy bojovníků. Je třeba upozornit na malou velikost vzorku bojovníků/jezdců ve sledovaném souboru. Z celkového počtu 60 jedinců, u kterých bylo možné získat data potřebná pro Fourierovu analýzu, bylo pouze 6 bojovníků. Je tedy možné, že analýza většího vzorku by mohla ukázat na významnější rozdíly v morfologii.

Jak ukazují studie z lékařského prostředí, zaměřující se na morfologii acetabula zejména za účelem lepší konstrukce kloubních náhrad (Govsa et al., 2005; Krebs et al., 2009) nebo na populační variabilitu (Lavy et al., 2003; Ma et al., 2014), tak v bioarcheologických a forenzních studiích (Erickson et al., 2000; Urbanová et al., 2006), tvar kyčelní kloubní jamky je poměrně variabilní. Původním předpokladem studie bylo, že jízda na koni byla v raném středověku privilegovanou činností a v populaci se tedy ukáže distinktivní rozdíl mezi jezdci a nejezdci, srovnatelný s populacemi ze studie Erickson et al. (2000). Vysoká interpopulační variabilita, prokázaná v dřívějších studiích, tento předpoklad ale nepodporuje (Lavy et al., 2003; Ma et al., 2014).

I přesto, že se studie nemohla opřít o srovnání s daty z předchozích prací, byl na jejich základě očekáván obdobný trend, který by vyčlenil jezdce z běžné populace. Ve sledovaných souborech ale nebyl přítomný žádný distinktivní trend nebo tvar, který by jasně ukázal na aktivní jezdce. Při zkoumání jízdy byly do studie zařazeny pouze jedinci mužského pohlaví a to jak z důvodu, aby do souboru nebyly zaneseny případné rozdíly v morfologii, způsobené adaptací ženské pánve na kompromis mezi efektivní lokomocí a porodem, ale také jednoduše proto, že předmětem studie jsou bojovníci a tedy výlučně muži.

Důvody, proč je morfologie acetabula tak variabilní, by mohly sahát až k jeho embryonálnímu vývoji a k procesu jeho osifikace v průběhu dospívání (Govsa et al., 2005). Acetabulum je tvořeno fúzí tří kostí, z nichž se skládá pánevní kost, právě v místě jejich styku, kde je spojuje takzvaná *cartilago ypsiloformis*. Chrupavčitý model kosti kyčelní bývá vytvořen mezi 6. – 7. týdnem embryonálního vývoje, model kosti stydké a sedací pak mezi 7. – 8. ve formě mělkého acetabula se chrupavčité modely kosti setkávají ve 2. měsíci vývoje. V době narození již jsou primární osifikační centra pánevní kosti dobře vyvinutá a to až do takové míry, že mohou zformovat část kostěné stěny acetabula. Prohloubení acetabula je poté závislé na tlaku způsobeném hlavicí femuru, typická deprese acetabula se ale začíná objevovat až mezi 5. – 6. rokem života dítěte. Samotný okraj acetabula je v průběhu vývoje kosti tvořen minimálně třemi samostatnými kostmi, anteriorní, posteriorní a superiorní epifýzou, které se objevují v rozmezí 10. – 14. roku. Srůst acetabula začíná u dívek již ve věku 11 let a zpravidla končí do 17 let, u chlapců je proces o něco rychlejší v rozmezí 14. – 15. let, v extrémním případě mohou ale epifýzy tvořící okraj acetabula zůstat izolovány od pánevní kosti (Scheuer and Black, 2004).

Jako důvod pro brzkou osifikaci acetabula je uváděna nutnost vytvořit dostatečně odolnou strukturu, která dokáže přežít náhlý nárůst stresu spojený s rapidním zvýšením tělesné hmotnosti v období puberty (Scheuer and Black, 2004).

Víme tedy, že acetabulum dokončí svůj vývoj poměrně brzy v životě jedince a studie morfologie acetabula u mono i heterozygotních dvojčat prokázala vysoký vliv genetické složky na tvar jamky kyčelního kloubu. Zdá se tedy, že tvarovou variabilitu acetabula podmiňují spíše dědičné složky a adaptace na lokomoci (Antoniades et al., 2001).

Nashromážděná data sice neposloužila původně zamýšlenému účelu, ale na základě dalších studií stále nabízela možnosti využití (Urbanová et al., 2006; Benazzi et al., 2008). Z výše nastíněných důvodů se nepodařilo ani v případě pohlaví najít skutečně distinktivní rozdíly mezi muži a ženami ve tvaru kyčelní jamky. Prospekce dat však odhalila distinktivní rozdíly ve velikosti.

Rozdíly ve velikosti acetabula mezi muži a ženami byly opakovaně pozorovány v mnohých studiích (Hauser et al., 1997; Krebs et al., 2009; Zeng et al., 2012). Tento poznatek byl využit v bioarcheologických studiích, s uspokojivou úspěšností (Murphy, 2000; Benazzi et al., 2008). Variabilita se ovšem mění jak v rámci vlastní populace, tak ve srovnání s jinými skupinami (Lavy et al., 2003; Ma et al., 2014). Výše navržená metoda odhadu pohlaví je tedy populačně specifická a nelze ji bez úprav aplikovat na jiných

populacích. Nutné je také zmínit, že byla zatím testována na poměrně malém vzorku, a pro ověření její spolehlivosti ji bude nezbytné otestovat na větších souborech. Otestovat bude taky nutné, zda je metoda skutečně populačně specifická. Fakta zjištěná ve starších studiích sice ukazují, že velikost je u různých populací odlišná, ale pro tuto metodu zatím není otestováno, jak dobrý by měla záchyt v jiné populaci, než je ta z raně středověkého Pohanska u Břeclavi.

#### **6.4. Analýza transversálních průřezů dlouhých kostí**

Na základě CSG řezů se zdá, že jedinec KZH H003 preferenčně zatěžoval levou horní končetinu. Zjištění, že byl tento jedinec levák, je poměrně zajímavé, vezmeme-li v úvahu přirozenou incidenci levorukých jedinců v populaci dosahující maximálně 11–13 % (Hardyck and Petrinovich, 1977; Raymond et al., 1996; Sládek et al., 2016). Do úvah o tomto jedinci musíme také připočítat společenské konsekvence levorukosti. Jak upozorňují Hardyck a Petrinovich (1977), osudem leváků podle bible je být prokletý a zatracený do pekelného ohně, a tato stigmatizace levorukých jedinců dlouho přežívala i v „moderní“ vědě (Nebes, 1971; Hicks and Pellegrini, 1978). V prostředí Velké Moravy jako prvního mocenského útvaru na našem území, který byl úzce spjatý se zaváděním křesťanství do této oblasti (Třeštík, 2010), mohla být tedy levorukost pro tohoto muže poměrně závažným společenským stigmatem.

Tato stigmatizace levorukých jedinců by se mohla odrážet i v pohřebním ritu. Podle našich dat byl jedinec nejspíše levák, ale meč měl v hrobě položený u pravého boku. Pohřební ritus na raně středověkém pohřebišti u 1. kostela byl ale značně variabilní. V hrobech, kde byly uloženy sekery, převládalo uložení na pravé straně, v případě čtyř jedinců s meči se ovšem hned ve třech případech meč nacházel na levé straně zemřelého (Dostál, 1971). Nad důvodem, proč byl meč u KZH H003 uložen vpravo, můžeme tedy pouze spekulovat.

Jedna z hypotéz, proč jsou levorucí jedinci stále přítomní v populaci ve stejné frekvenci, s výjimkou žen v období počátku zemědělství (Sládek et al., 2016), přestože jsou často stigmatizováni, a některé studie dokonce naznačují, že levorucí jedinci jsou náchylnější ke zdravotním problémům a tím pádem ke sníženému fitness (Llaurens et al., 2009), je takzvaná „*fighting hypotesis*“ (Raymond et al., 1996). *Fighting hypotesis* poukazuje na fakt, že v moderních sportech jako je box či šerm jak moderním tak historickém (Harris, 2010; Loffing and Hagemann, 2014), jsou levorucí jedinci úspěšnější. To je dáno z velké části efektem překvapení na straně většinových praváků, když se střetnou s menšinovými leváky

a také efektu tréninku, kdy právě z důvodů rozdílné frekvence levorukých a pravorukých v populaci leváci mají více zkušeností s praváky než naopak. Tato výhoda vede k tomu, že navzdory menšímu zastoupení v populaci větší šance přežít násilné střety dává levorukým větší fitness než pravákům a často dědičná levorukost se tak mohla přenést do dalších generací (Raymond et al., 1996; Llaurens et al., 2009). I když se novější studie dívají na *fighting hypotesis* spíše kriticky zatím nebyl nalezen důkaz, který by ji přesvědčivě vyvracel (Groothuis et al., 2013).

Právě protože o KZH H003 uvažujeme jako o bojovníkovi, díky *fighting hypotesis* získává zjištění, že byl jedinec levák, na zajímavosti. Tento muž mohl být díky svým úspěchům v boji muže proti muži uznáván, ale zároveň mohl být stigmatizován z důvodu negativního pohledu na levoruké jedince, který přinášelo nové náboženství ((Hardyck and Petrinovich, 1977). Aplikace *fighting hypotesis* ale není tak jednoznačná, když se na vojenství podíváme jako na organizovanou záležitost. Individuálně byl náš bojovník ve výhodě oproti soupeři, ale v případě kolektivního boje ve formaci už tomu tak být nemuselo. Zde opět ale narážíme na nedostatek pramenů ohledně vojenství Velké Moravy. Doklady Slovanů bojujících v organizovaných formacích pocházejí již z 6. století našeho letopočtu z období střetů s Byzantskou říší (Rózycki, 2015). Pokud budeme hledat analogie jinde, například u Vikingů jejichž výpady do Evropy začaly v druhé polovině 8. století (Archer et al., 2002). Právě Vikingové jsou známí bojem ve formaci zvané štitová zeď, kdy se štíty vedle sebe stojících bojovníků musejí překrývat, a v takové situaci by mohl bojovník držící štít a zbraň v opačných rukách představovat problém pro celou formaci, stejně jako pro své vlastní bezpečí. Jak je zde ovšem opakovaně zmiňováno, jádro velkomoravské armády tvořila jízda (Klučina and Major, 1958). Jízdní formace jsou si díky koním, na kterých bojovníci jedou, více vzdáleni, takže by si bojovníci neměli navzájem příliš překážet tolik jako v případě pěší formace, a náš bojovník by se tak opět mohl dostat do výhody oproti svým protivníkům. O bojové taktice velkomoravského vojska toho ale není příliš známo, takže je docela dobře možné, že koně sloužili k rychlým přesunům vojska do boje samotného však šli vojáci jako pěší, podobně jako ozbrojená družina krále Haralda v notoricky známé bitvě u Hastingsu (Klučina, 2004).

V indexu mobility se jak KZH H003, tak bojovníci i srovnávací soubor jeví jako méně mobilní, zejména na stehenní kosti, kde se ukazuje vyšší síla v ohybu v A-P směru. Tento stav se shoduje se zjištěními aktuálních studií zaměřujících se na problematiku mobility populací minulosti (Sládek et al., 2006; Ruff et al., 2015). Kdybychom

o příslušnících velkomoravské jízdní družiny uvažovali jako o příslušnících elity, kteří příliš těžce fyzicky nepracovali a vlastně ani moc nechodili pěšky, protože se přesunovali koňmo, očekávali jsme ještě výraznější pokles indexu mobility. Takový trend ale nepozorujeme. Můžeme tedy uvažovat, že bojovníci buďto vykonávali v běžném životě podobné aktivity jako ostatní populace, například se alespoň částečně starali o svoji vlastní obživu, nebo jejich končetiny získaly podobné vlastnosti jako u běžné populace díky činnostem spojeným s povinnostmi členů jízdní družiny.

Dosud jsme se v diskuzi věnovali horním a dolním končetinám odděleně, jedním kritériem pro identifikaci lukostřelců je poměr mezi robusticitou horní a dolní končetiny. Čím silnější jsou v poměru horní končetiny, tím spíše byl jedinec lukostřelec, díky námaze při napínání tětiny (Thomas, 2014). My jsme takový trend ale v našem souboru nezaznamenali. Pokud ale nemáme žádný další doklad, který by nám pomohl spojit jedince s lukostřelbou, jako například hroty šípů, nemohli bychom takové změny spojit jednoznačně s lukostřelbou. Vliv na poměr robusticity horní a dolní končetiny mohly mít aktivity zcela nesouvisející s lukostřelbou. Například zde často zmiňovaní jízdní bojovníci mohli díky habituální jízdě méně zatěžovat dolní končetiny, a tak by se poměr robusticity dolních a horních končetin změnil bez jakékoliv souvislosti s lukostřelbou.

## 7. Závěr

Cílem této práce bylo sestavit osteobiografický profil dvou jedinců, kteří byli nalezeni s hrobovou výbavou identifikující je jako bojovníky (Macháček et al., 2013; Dresler and Macháček, 2014), bohužel špatná zachovalost jedince KZH H001 nedovolila provést žádné smysluplné analýzy, osteobiografický profil byl tedy sestaven pouze pro jedince KZH H003. Abychom měli s čím KZH H003 srovnávat, pokusili jsme se také zjistit, jak vypadal průměrný bojovník z lokality Pohansko-Břeclav. Jako prostředek k vypracování těchto profilů byly zvoleny tři odlišné metody a to entezopatické změny svalových úponů, analýza transversálních průřezů dlouhých kostí a Fourierova analýza morfologie acetabula.

Protože nedisponujeme prakticky žádnými písemnými prameny, které by podávaly zprávy o velkomoravských bojovnících a vojenství Velké Moravy obecně, testovali jsme tři různé modely bojovníků vypracované na základě archeologických a analogických písemných či ikonografických pramenů od národů sousedících s Velkou Moravou. Na základě entezopatických změn se zdá, i když se obecně ukazují jako spíše méně fyzicky vytížení, že bojovníci z Pohanska-Břeclavi se nejlépe podobají modelu lehce oděného jízdního bojovníka. Bojovníci z Pohanska-Břeclavi tedy nejspíše jezdili na koni, cvičili se v boji zblízka, necvičili se v lukostřelbě a nenosili těžkou ochrannou zbroj.

Pomocí analýzy CSG parametrů jsme zjistili, že bojovníci nebyli výrazně méně nebo více namáhaní než běžná populace. Z těchto dat ale bohužel není patrné, jestli se bojovníci nějakým specifickým způsobem cvičili v boji. Nabízí se tedy dvě možná vysvětlení, a to buď že příslušnost k třídě bojovníků byla spíše hodností než povoláním a tito jedinci se tedy alespoň nějak fyzicky podíleli na své obživě například řemeslnou prací či zemědělstvím, nebo byly činnosti spojené s postavením bojovníka podobně náročné jako fyzická práce běžné populace, ale nezanechaly pro nás v tomto ohledu jasně rozlišitelné změny na kostře.

Fourierova analýza okraje acetabula, která měla pomoci identifikovat jedince habituálně jezdící na koni, se bohužel ukázala jako nepoužitelná pro naši populaci. Tato metoda ale pravděpodobně nebude zcela bez aplikací na raně středověkou populaci Pohanska, protože se nám s její pomocí podařilo vytvořit preliminární návrh populačně specifické metody odhadu pohlaví.

Zkoumaný jedinec KZH H003 byl nejspíše muž menšího vzrůstu (155–157 cm), o váze 61–63 kg, který zemřel před 30. rokem života pravděpodobně následkem závažné zlomeniny stehenní kosti, způsobené pádem z koně. Tento muž byl levák a zdá se, že s mečem uloženým v jeho hrobě skutečně cvičil. Celkově byl ale méně robustní než jiní

bojovníci a ostatní příslušníci populace Pohanska, takže nejspíše příliš fyzicky nepracoval. Stejně jako jedinci ze srovnávacího souboru nepatřil mezi zvláště aktivní chodce. Změny svalových úponů ukazují, že se KZH H003 stejně jako ostatní bojovníci podobá nejvíce modelu lehko oděného jezdce, s výjimkou změn úponů spojených s lukostřelbou, takže se na rozdíl od nich nejspíše cvičil i ve střelbě z luku.

Závěrem je ale třeba zmínit, že soubor našich bojovníků čítá pouze 11 jedinců. Výsledky tedy vykazují pouze minimální statistickou významnost a bylo by potřeba je ověřit u většího souboru.

## 8. Seznam použité literatury

- Antoniades L, Spector TD, MacGregor AJ. 2001. The genetic contribution to hip joint morphometry and relationship to hip cartilage thickness. *Osteoarthritis Cartilage* 9:593–595.
- Archer CI, Ferris JR, Herwig HH, Travers THE. 2002. *World History of Warfare (Tactics & Strategies)*. University of Nebraska Press.
- Benazzi S, Maestri C, Parisini S, Vecchi F, Gruppioni G. 2008. Sex assessment from the acetabular rim by means of image analysis. *Forensic Sci Int* 180:7–9.
- Black S, Ferguson E eds. 2011. *Forensic Anthropology 2000 to 2010*. Taylor and Francis Group, LLC.
- Boyle BH ed. 2011. *Support vector machines: data analysis, machine learning and applications*. New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Brooks S, Suchey JM. 1990. Skeletal age determination based on the os pubis: A comparison of the Acsádi-Nemeskéri and Suchey-Brooks methods. *Hum Evol* 5:227–238.
- Brůžek J. 2002. A method for visual determination of sex, using the human hip bone. *Am J Phys Anthropol* 117:157–168.
- Buikstra JE, Ubelaker DH. 1994. *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains: Proceedings of a Seminar at the Field Museum of Natural History*. 3. ed. (Buikstra JE, Ubelaker DH, editors.). Fayetteville, Arkansas: Arkansas Archeological Survey.
- Čáp P, Dresler P, Macháček J, Přichystalová R. 2011. Grossmährische Kirchen in Pohansko bei Břeclav. In: *Internationale Tagungen in Mikulčice VIII*. Lumír Polá. Brno: Archeologický ústav AVČR, Brno, v.v.i. p 187–204.
- Čihák R. 2011. *Anatomie 1 Třetí, upravené a doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing a.s.
- Dostál B. 1971. *Břeclav-Pohansko I Velkomoravské pohřebiště u kostela*. Brno: Univerzita J.E. Purkyně Brno.
- Dostál B. 1975. *Břeclav-Pohansko IV Velkomoravský velmožský dvorec*. Univerzita J.E. Purkyně Brno.
- Dostál B. 1979. K opevnění hradiska Břeclavi-Pohanska. *Sborník Pr Filos Fak brněnské univerzity* 24:73–93.
- Dostál B. 1982. Drobná pohřebiště a rozptýlené hroby z Břeclavy-Pohanska. *Sborník Pr Filos Fak brněnské univerzity*:135–201.
- Dostál B. 1985. *Břeclav-Pohansko III Časné slovanské osídlení*. Brno: Univerzita J. E. Purkyně Brno.
- Dresler P, Macháček J, Milo P. 2010. Výzkum raně středověkého sídliště a pohřebiště v



- Kosticích - Zadním hrúdu. Jižní Morava: vlastivědný sborník 49:188–191.
- Dresler P, Macháček J. 2008. Hospodářské zázemí raně středověkého centra na Pohansku u Břeclavi. In: Macháček J, editor. Počítačová podpora v archeologii 2. Masarykova univerzita Brno; Archeologický ústav AVČR, Praha, v. v. i.; Západočeská univerzita v Plzni, p 120–147.
- Dresler P, Macháček J. 2014. Výzkum polykulturní lokality Kostice - Zadní hrúd v roce 2013. Jižní Morava: vlastivědný sborník 50:358–362.
- Dresler P, Přichystalová R, Macháček J. 2014. Archeologický výzkum severovýchodního předhradí Pohanska u Břeclavi 2012-2013. Jižní Morava: vlastivědný sborník 50: 45–56.
- Dresler P. 2010. Pohanské výzkumy slaví padesátku. Region Kult - vlastivědná Rev Okr Břeclav:92–105.
- Dresler P. 2012. Surovinová základna Pohanska u Břeclavi. In: Procházka R, editor. Forum urbes medii aevi VI. Brno: Archaia Brno. p 46–61.
- Dreslerová G, Hajnalová M, Macháček J. 2013. Subsistenční strategie raně středověkých populací v dolním Podyjí. Archeozoologické a archeobotanické vyhodnocení nálezů z výzkumu Kostice – Zadní hrúd (2009–2011). Archeol Rozhl roč. LXV:825–850.
- Erickson JD, Lee D V, Bertram JE a. 2000. Fourier analysis of acetabular shape in Native American Arikara populations before and after acquisition of horses. Am J Phys Anthropol 113:473–480.
- Govsa F, Ozer MA, Ozgur Z. 2005. Morphologic features of the acetabulum. Arch Orthop Trauma Surg 125:453–461.
- Groothuis TGG, Mcmanus IC, Schaafsma SM, Geuze RH. 2013. The fighting hypothesis in combat: How well does the fighting hypothesis explain human left-handed minorities? Ann N Y Acad Sci 1288:100–109.
- Hamill J, Knutzen KM. 2006. Biomechanical Basis of Human Movement.
- Hardyck C, Petrionovich LF. 1977. Left-handedness. Psychol Bull 84:385–404.
- Harris LJ. 2010. In fencing, what gives left-handers the edge? Views from the present and the distant past. Laterality 15:15–55.
- Hauser D, Fox J, Sukin D, Mudge B, Coutts R. 1997. Anatomic Variation of Structural Properties of Periacetabular Bone as a Function of Age A Quantitative Computed Tomography Study. 12:804–811.
- Havelková P, Hladík M, Velemínský P. 2013. Entheseal Changes: Do They Reflect

- Socioeconomic Status in the Early Medieval Central European Population? (Mikulčice - Klášteřisko, Great Moravian Empire, 9th - 10th century). *Int J Osteoarchaeol* 23: 237–251.
- Havelková P, Villotte S. 2007. Enthesopathies: test of the reproducibility of the new scoring system based on current medical data. *Slov Antropol* 10:51–57.
- Havelková P. 2010. Entezopatie a fyzická aktivita u velkomoravské populace.
- Hicks RA, Pellegrini RJ. 1978. Handedness and Anxiety. *Cortex* 14:119–121.
- Husár M. 2005. Ikonografické doklady jazdcov s kopijami a oštepami z územia avarského kaganátu. *Stud Hist Nitriensia - Nitra* 12:29–41.
- Charvát P, Maříková-Vlčková P eds. 2008. Země koruny české a východní středomoří: ve středověku a novověku. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Filozofická fakulta.
- İşcan YM, Kennedy KAR eds. 1989. Reconstruction of life from the skeleton. New York.
- Klučina P, Major P. 1958. Vojenské dějiny Československa. Díl I. do roku 1526. Praha: Naše vojsko.
- Klučina P. 2004. Zbroj a zbraně: Evropa 6. - 17. století. Praha.
- Kotsiantis SB. 2007. Supervised machine learning: A review of classification techniques. *Informatica* 31:249–268.
- Koudela K, Košťál J, Matějka J, Pavelka T, Toman M, Topinka I. 2002. Ortopedická traumatologie. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum.
- Krebs V, Incavo SJ, Shields WH. 2009. The anatomy of the acetabulum: What is normal? *Clin Orthop Relat Res* 467:868–875.
- Krejčí V, Koch P. 1979. Muscle and tendon injuries in athletes : diagnosis, treatment, muscle training, rehabilitation. Chicago: Year Book Medical Publishers.
- Larsen CS. 1997. Bioarchaeology: Interpreting Behavior from the Human Skeleton. Cambridge University Press.
- Lavy CBD, Msamati BC, Igbigbi PS. 2003. Racial and gender variations in adult hip morphology. *Int Orthop* 27:331–3.
- Llaurens V, Raymond M, Faurie C. 2009. Why are some people left-handed? An evolutionary perspective. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 364:881–894.
- Löffing F, Hagemann N. 2014. Pushing through evolution? Incidence and fight records of left-oriented fighters in professional boxing history. *Laterality* 0678:1–17.
- Lovejoy CO, Meindl RS, Pryzbeck TR, Mensforth RP. 1985. Chronological metamorphosis of the auricular surface of the ilium: a new method for the determination of adult skeletal

- age at death. *Am J Phys Anthropol* 68:15–28.
- Ma H, Han Y, Yang Q, Gong Y, Hao S, Li Y, Liu J. 2014. Three-dimensional computed tomography reconstruction measurements of acetabulum in Chinese adults. *Anat Rec* 297:643–649.
- Macháček J, Balcárková A, Čáp P, Dresler P, Přichystal A, Přichystalová R, Schuplerová E, Sládek V. 2014. Velkomoravská rotunda z Pohanska u Břeclavi. *Památky Archeol* 105:87–153.
- Macháček J, Balcárková A, Dresler P, Milo P. 2013. Archeologický výzkum raně středověkého sídliště Kostice – Zadní hrúd v letech 2009–2011. *Archeol Rozhl* LXV:735–775.
- Macháček J, Gregerová M, Hložek M, Hošek J. 2007. Raně středověká kovodělná výroba na Pohansku u Břeclavi. *Památky Archeol* XCVIII:129–184.
- Macháček J. 2005. Raně středověké Pohansko u Břeclavi: munitio, palatium, nebo emporium moravských panovníků? *Archeol Rozhl* LVII:100–138.
- Macháček J. 2012. Archeologie údolní nivy aneb Proč možná zanikla Velká Morava. *Vesmír* 91:566–569.
- Macháček J. 2013. Nový začátek. U kolébky dnešních civilizací (600-1000). In: Martin Kovář MB, editor. *Civilizace a dějiny : historie světa pohledem dvaceti českých vědců*. Praha: Academia. p 231–257.
- Molleson T. 2007. A method for the study of activity related skeletal morphologies. *Bioarchaeology Near East* 1:5–33.
- Murphy AMC. 2000. The acetabulum : Sex assessment of prehistoric New Zealand Polynesian innominates. *108*:39–43.
- Nebes RD. 1971. Handedness and the Perception of Part-Whole Relationship. *Cortex* 7: 350–356.
- Neustupný E. 2010. *Teorie archeologie*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk.
- O'Neill MC, Ruff CB. 2004. Estimating human long bone cross-sectional geometric properties: A comparison of noninvasive methods. *J Hum Evol* 47:221–235.
- Pálfi G, Dutour O. 1996. Activity-induced skeletal markers in historical anthropological material. *Int J Anthropol* 11:41–55.
- Procházka R, Wihoda M, Zapletalová D. 2011. V raném středověku. In: Procházka R, editor. *Dějiny Brna 1, Od pravěku k ranému středověku*. Brno: Statutární město Brno, Archiv města Brna. p 447–560.
- Raxter MH, Auerbach BM, Ruff CB. 2006. Revision of the fully technique for estimating

- statures. *Am J Phys Anthropol* 130:374–384.
- Raymond M, Pontier D, Dufour A-B, Møller AP. 1996. Frequency-dependent maintenance of left handedness in humans. *Proc Biol Sci* 263:1627–1633.
- Rhodes J a., Knüsel CJ. 2005. Activity-related skeletal change in medieval humeri: Cross-sectional and architectural alterations. *Am J Phys Anthropol* 128:536–546.
- Roth E. 2012. *With a Bended Bow: Archery in Medieval and Renaissance Europe*. Stroud: The History Press Ireland.
- Różycki Ł. 2015. Fear-Elements of Slavic „Psychological Warfare”. *J Anc Hist Archaeol* 2.
- Ruff C, Holt B, Trinkaus E. 2006a. Who’s afraid of the big bad Wolff?: “Wolff’s law” and bone functional adaptation. *Am J Phys Anthropol* 129:484–498.
- Ruff CB, Holt B, Niskanen M, Sladek V, Berner M, Garofalo E, Garvin HM, Hora M, Junno J-A, Schuplerova E, Vilkama R, Whittey E. 2015. Gradual decline in mobility with the adoption of food production in Europe. *Proc Natl Acad Sci* 112:201502932.
- Ruff CB, Holt BM, Niskanen M, Sládek V, Berner M, Garofalo E, Garvin HM, Hora M, Maijanen H, Niinimäki S, Salo K, Schuplerová E, Tompkins D. 2012. Stature and body mass estimation from skeletal remains in the European Holocene. *Am J Phys Anthropol* 148:601–617.
- Ruff CB, Holt BM, Sládek V, Berner M, Murphy WA, zur Nedden D, Seidler H, Recheis W. 2006b. Body size, body proportions, and mobility in the Tyrolean “Iceman.” *J Hum Evol* 51:91–101.
- Ruff CB. 2007. Biomechanical analyses of archaeological human skeletons. In: Katzenberg AM, Saunders SR, editors. *Biological Anthropology of the human skeleton*. New York: John Wiley & Sons, Inc. p 183 – 206.
- Saul FP, Saul JM. 1989. Osteobiography: a Maya example. In: Iscan MY, Kennedy KAR, editors. *Reconstructing Life from the Skeleton*. New York. p 287–302.
- Scheuer L, Black S. 2004. *The Juvenile Skeleton*. London: Elsevier Academic press.
- Sládek V, Berner M, Sailer R. 2006. Mobility in Central European Late Eneolithic and Early Bronze Age: Femoral cross-sectional geometry. *Am J Phys Anthropol* 130:320–332.
- Sládek V, Berner M, Sosna D, Sailer R. 2007. Human manipulative behavior in the Central European Late Eneolithic and Early Bronze Age: Humeral bilateral asymmetry. *Am J Phys Anthropol* 133:669–681.
- Sládek V, Macháček J, Ruff CB, Schuplerová E, Přichystalová R, Hora M. 2015. Population-specific stature estimation from long bones in the early medieval Pohansko (Czech

- Republic). *Am J Phys Anthropol* 158:312–324.
- Sládek V, Ruff CB, Berner M, Holt B, Niskanen M, Schuplerová E, Hora M. 2016. The impact of subsistence changes on humeral bilateral asymmetry in Terminal Pleistocene and Holocene Europe. *J Hum Evol* 92:37–49.
- Sparacello VS, D’Ercole V, Coppa A. 2015. A bioarchaeological approach to the reconstruction of changes in military organization among Iron Age Samnites (Vestini) From Abruzzo, Central Italy. *Am J Phys Anthropol* 156:305–316.
- Steen SL, Lane RW. 1998. Evaluation of habitual activities among two Alaskan Eskimo populations based on musculoskeletal stress markers. *Int J Osteoarchaeol* 8:341–353.
- Stodder LW, Palkovich AM eds. 2012. *The Bioarcheology of Individuals. Bioarchaeological Interpretations of the Human Past: Local, Regional, and Global Perspectives.* University Press of Florida.
- Thomas A. 2014. Bioarchaeology of the middle Neolithic: Evidence for archery among early european farmers. *Am J Phys Anthropol* 154:279–290.
- Třeštík D. 2010. *Vznik Velké Moravy. Moravané, Čechové a střední Evropa v letech 791-871.* Praha: Nakladatelství Lidové noviny.
- Urbanová P, Eliášová H, Králík M. 2006. Morphometric Outline-Based Approaches in Forensic Anthropology. In: XX Congress of International Academy of Legal Medicine. Budapešť, Maďarsko. p 207–212.
- Vapnik VN. 1999. An Overview of Statistical Learning Theory. *IEEE Trans Neural Networks* 10:988–999.
- Velemínský P, Poláček L eds. 2008. *Studien zum Burgwall von Mikulčice. Band 8. Archeologický ústav Akademie věd České republiky, Brno.*
- Vignatiová J. 1980. Součásti jezdecké výstroje z nálezů na Pohansku u Břeclavi. *Sborník Pr Filoz Fak brněnské univerzity*:161–198.
- Vignatiová J. 1992. *Břeclav-Pohansko II. Slovanské osídlení jižního předhradí.* Brno: Masarykova univerzita Brno.
- Vignatiová J. 1993. Karolinské meče z Pohanska u Břeclavi. *Sborník Pr Filoz Fak brněnské univerzity* 42:91–109.
- Villotte S, Castex D, Couallier V, Dutour O, Knüsel CJ, Henry-Gambier D. 2010. Enthesopathies as occupational stress markers: Evidence from the upper limb. *Am J Phys Anthropol* 142:224–234.
- Villotte S. 2006. Connaissances médicales actuelles, cotation des enthésopathies : nouvelle

- méthode. *Bull mémoires la Société d'Anthropologie Paris*:65–85.
- Walker PL, Byock J, Eng JT, Erlandson JM, Holck P, Schwarcz H, Zori D. 2012. The Axed Man of Mosfell: Skeletal Evidence of a Viking Age Homicide, the Icelandic Sagas, and FeudNo Title. In: Stodder LW, Palkovich AM, editors. *The Bioarcheology of Individuals. Bioarchaeological Interpretations of the Human Past: Local, Regional, and Global Perspectives*. University Press of Florida. p 26–43.
- Walker PL. 2008. Sexing skulls using discriminant function analysis of visually assessed traits. *Am J Phys Anthropol* 136:39–50.
- Zeng Y, Wang Y, Zhu Z, Tang T, Dai K, Qiu S. 2012. Differences in acetabular morphology related to side and sex in a Chinese population. *J Anat* 220:256–62.

## 9. Internetové zdroje

<http://medical-dictionary.thefreedictionary.com>. Rider's bone | definition of rider's bone by Medical dictionary. Available from:

<http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/rider's+bone>

<http://www.mathworks.com>. 2016. MATLAB language of technical computing. Available from:

[http://www.mathworks.com/products/matlab/?s\\_tid=hp\\_fp\\_ml](http://www.mathworks.com/products/matlab/?s_tid=hp_fp_ml)

<https://cs.wikipedia.org>. 2013. Diskriminační analýza – Wikipedie. Available from:

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Diskriminační\\_analýza](https://cs.wikipedia.org/wiki/Diskriminační_analýza)

<https://cs.wikipedia.org>. 2015a. Polární soustava souřadnic. Available from:

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Polární\\_soustava\\_souřadnic](https://cs.wikipedia.org/wiki/Polární_soustava_souřadnic)

<https://cs.wikipedia.org>. 2015b. MATLAB. Available from:

<https://cs.wikipedia.org/wiki/MATLAB>

<https://en.wikipedia.org>. 2016a. R (programming language). Available from:

[https://en.wikipedia.org/wiki/R\\_\(programming\\_language\)](https://en.wikipedia.org/wiki/R_(programming_language))

<https://en.wikipedia.org>. 2016b. ImageJ. Available from:

<https://en.wikipedia.org/wiki/ImageJ>

<https://en.wikipedia.org>. 2016c. Support vector machine. Available from:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Support\\_vector\\_machine](https://en.wikipedia.org/wiki/Support_vector_machine)

<https://imagej.nih.gov/ij/>. 2016. ImageJ - Image processing and Analysis in Java. Available from:

<https://imagej.nih.gov/ij/>

<https://www.r-project.org/>. 2016. The R Project for Statistical Computing. Available from:

<https://www.r-project.org/>

## 10. Přílohy

### 10.1. Seznam zkratek

A-P	Antero-posteriorní
BM	Body Mass: Tělesná hmotnost
BML	Biomechanical length: Biomechanická délka
CA	Cortical area: Plocha hutné kostní tkáně
CSB	Úpon m. semimembranosus a biceps femoris
CSG	Cross-sectional geometry: Geometrie průřezu
CTS	Úpon m. triceps surae
CT	Computed tomography: Počítačová tomografie
DirA	Directional asymmetry: Direkcionální asymetrie
FGF	Úpon m. gluteus maximus
FIP	Úpon m. iliopsoas
FLA	Úpon m. vastus medialis, m. adductor magnus a m. adductor longus
FMF	Úpon m. gluteus medius
FPF	Úpon m. gluteus minimus
HDE	Úpon m. deltoideus
HEL	Úpon společného začátku flexorů zápěstí
HEM	Úpon společného začátku extensorů zápěstí
HGP	Úpon m. pectoralis major
HSC	Úpon m. subscapularis
HSI	Úpon m. supraspinatus a m. infraspinatus
Hu	Humerus: Pažní kost
I	Second moment of area: Kvadratický moment plochy průřezu
I <sub>A-P</sub>	Antero-posterior second moment of area: Kvadratický moment plochy průřezu kolem antero-posteriorní osy
I <sub>max</sub>	Maximal second moment of area: Maximální kvadratický moment plochy průřezu
I <sub>min</sub>	Minimal second moment of area: Minimální kvadratický moment plochy průřezu
I <sub>M-L</sub>	Medio-lateral second moment of area: Kvadratický moment plochy průřezu kolem medio-laterální osy



J	Polar second moment of area: Polární kvadratický moment průřezu
MA	Medullary area: Plocha dřevné dutiny
MaxA	Maximal asymmetry: Maximální asymetrie
M-L	Medio-laterální
P	p-value
PQF	Úpon m. quadriceps femoris
RBB	Úpon m. biceps brachii
RRP	Úpon m. pronator teres
SVM	Support vector machine: Metoda podpůrných vektorů
TA	Total area: Celková plocha průřezu
TSO	Úpon m. soleus
UTB	Úpon m. triceps brachii
$Z_p$	Polar section modulus: Polární moment průřezu
$Z_x$	Medio-lateral section modulus of area: Moment průřezu na medio-laterální ose
$Z_y$	Antero- posterior section modulus of area: Moment průřezu na antero-posteriorní ose

## 10.2. Tabulky

Tabulka 1: Modely bojovníků, podle používané výzbroje a výstroje

Tabulka 2: Seznam jedinců zařazených do studie, jedinci jsou označeni lokalitou, číslem jedince, odhadem věku a pohlaví a hrobovou výbavou

Tabulka 3: Seznam jedinců z Periferie, jedinci jsou popsáni lokalitou, číslem jedince, odhadem pohlaví a věku

Tabulka 4: Hodnocené úpony horní a dolní končetiny podle metody Villotte (Villotte, 2006; Havelková and Villotte, 2007; Villotte et al., 2010)

Tabulka 5: Průměrné hodnoty Fourierových koeficientů, rozděleno na skupiny celkem, 1. a 2. kostel, bojovníci, muži, ženy, do grafu jsou dále zaneseny hodnoty jedince KZH H003 a srovnávacích souborů podle Erickson et al. (2000)

Tabulka 6: Procentuální zastoupení remodelací typu A, B, C pravé horní končetiny rozděleno podle populací

Tabulka 7: Procentuální zastoupení remodelací typu A, B, C levé horní končetiny rozděleno podle populací

Tabulka 8: Procentuální zastoupení remodelací typu A, B, C pravé dolní končetiny rozděleno podle populací

Tabulka 9: Procentuální zastoupení remodelací typu A, B, C levé dolní končetiny rozděleno podle populací

Tabulka 10: Procentuální zastoupení remodelací typu A, B, C krční páteře rozděleno podle populací

Tabulka 11: Procentuální zastoupení remodelací typu A, B, C hrudní páteře rozděleno podle populací

Tabulka 12: Procentuální zastoupení remodelací typu A, B, C bederní páteře včetně S1 rozděleno podle populací

Tabulka 13: Hodnoty zachovalosti jednotlivých úponů horní a dolní končetiny v souboru Pohanska-Břeclavi

Tabulka 14: Hodnoty zachovalosti jednotlivých úponů na páteři v souboru Pohanska-Břeclavi

Tabulka 15: CSG parametry horní končetina

Tabulka 16: CSG parametry dolní končetina

Tabulka 17: Chyba hodnocení entezopatických mezi Vojtěchem Fikar a Petrou Havelkovou

Tabulka 1: Modely bojovníků, podle používané výzbroje a výstroje

	Typ bojovníka	Jízda na koni	Zbroj	Meč/Sekera	Kopí	Luk
Model 1	Lehkooděný jezdec	Ano	Ne	Ano	Ano	Ne
Model 2	Těžkooděný jezdec	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne
Model 3	Rolnický Branec	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano

Tabulka 2: Seznam jedinců zařazených do studie, jedinci jsou označeni lokalitou, číslem jedince, odhadem věku a pohlaví a hrobovou výbavou

Lokalita	Jedinec	Věk	Pohlaví	Výbava <sup>a</sup>
Pohansko 1. kostel	5	23,4	M	6
Pohansko 1. kostel	10	46,6	M	3
Pohansko 1. kostel	12	48,1	F	3
Pohansko 1. kostel	13	18,5	M	4
Pohansko 1. kostel	23	46,6	M	6
Pohansko 1. kostel	24	18,5	M	2
Pohansko 1. kostel	27	35,2	M	3
Pohansko 1. kostel	29	48,1	F	3
Pohansko 1. kostel	44	48,1	F	6
Pohansko 1. kostel	49	35,2	M	4
Pohansko 1. kostel	51	18,5	M	6
Pohansko 1. kostel	64	N/A	M	6
Pohansko 1. kostel	75	N/A	F	5
Pohansko 1. kostel	76	35,2	F	5
Pohansko 1. kostel	88	28,7	M	6
Pohansko 1. kostel	91	28,7	M	6
Pohansko 1. kostel	95	61,2	M	6
Pohansko 1. kostel	101	30,7	F	6
Pohansko 1. kostel	110	28,7	M	3
Pohansko 1. kostel	111	35,2	M	6
Pohansko 1. kostel	112	N/A	F	6
Pohansko 1. kostel	122	38,2	F	5
Pohansko 1. kostel	123	35,2	F	3
Pohansko 1. kostel	133	35,2	M	6
Pohansko 1. kostel	140	35,2	M	3
Pohansko 1. kostel	144	28,7	M	6
Pohansko 1. kostel	146	35,2	M	3
Pohansko 1. kostel	148	N/A	M	2
Pohansko 1. kostel	156	18,5	M	2
Pohansko 1. kostel	179	35,2	M	6
Pohansko 1. kostel	181	35,2	M	6
Pohansko 1. kostel	188	28,7	M	3
Pohansko 1. kostel	189	25	F	6
Pohansko 1. kostel	204	N/A	M	6
Pohansko 1. kostel	210	N/A	M	6
Pohansko 1. kostel	224	35,2	M	4
Pohansko 1. kostel	236	48,1	F	6
Pohansko 1. kostel	242	N/A	N/A	5
Pohansko 1. kostel	243	23,4	M	6
Pohansko 1. kostel	247	28,7	M	6
Pohansko 1. kostel	250	N/A	N/A	6
Pohansko 1. kostel	252	N/A	N/A	6

Lokalita	Jedinec	Věk	Pohlaví	Výbava <sup>a</sup>
Pohansko 1. kostel	253	35,2	M	4
Pohansko 1. kostel	255	35,2	M	6
Pohansko 1. kostel	259	N/A	M	6
Pohansko 1. kostel	261	N/A	M	2
Pohansko 1. kostel	263	30,7	F	6
Pohansko 1. kostel	268	28,7	M	6
Pohansko 1. kostel	271	28,7	M	6
Pohansko 1. kostel	275	23,4	M	1
Pohansko 1. kostel	277	N/A	N/A	2
Pohansko 1. kostel	286	46,6	M	2
Pohansko 1. kostel	295	46,6	M	6
Pohansko 1. kostel	298	35,2	M	6
Pohansko 1. kostel	299	30,7	F	6
Pohansko 1. kostel	301	38,2	F	6
Pohansko 1. kostel	312	30,7	F	3
Pohansko 1. kostel	314	N/A	M	6
Pohansko 1. kostel	315	38,2	F	6
Pohansko 1. kostel	368	23,4	M	5
Pohansko - rotunda	54	M	35,2	7
Pohansko-rotunda	60	M	61,2	1
Pohansko-rotunda	61	M	28,7	7
Pohansko-rotunda	63	M	35,2	5
Pohansko-rotunda	66	M	35,2	7
Pohansko-rotunda	72	M	53,9	7
Pohansko-rotunda	74	M	18,5	7
Pohansko-rotunda	78	F	55	3
Pohansko-rotunda	79	M	46,5	4
Pohansko-rotunda	80	M	46,5	7
Pohansko-rotunda	82	F	38,2	3
Pohansko-rotunda	84	F	38,2	7
Pohansko-rotunda	87	M	28,7	3
Pohansko-rotunda	88	M	40,9	3
Pohansko-rotunda	92	F	47	2
Pohansko-rotunda	97	F	45	7
Pohansko-rotunda	99	F	48,1	7
Pohansko-rotunda	108	F	38,2	5
Pohansko-rotunda	109	F	19,5	7
Pohansko-rotunda	110	M	31,95	7
Pohansko-rotunda	111	F	54,05	7
Pohansko-rotunda	112	M	40,9	7
Pohansko-rotunda	117	F	30,7	3
Pohansko-rotunda	128	F	38,2	7
Pohansko-rotunda	130	F	50	3
Pohansko-rotunda	131	F	30,7	7
Pohansko-rotunda	132	N/A	35	5

Lokalita	Jedinec	Věk	Pohlaví	Výbava <sup>a</sup>
Pohansko-rotunda	133	M	37,65	7
Pohansko-rotunda	134	F	38,2	5
Pohansko-rotunda	138	F	38,2	7
Pohansko-rotunda	143	F	55	5
Pohansko-rotunda	145	F	48,1	7
Pohansko-rotunda	151	M	46,6	7
Pohansko-rotunda	153	M	61,2	4
Pohansko-rotunda	154	F	25	7
Pohansko-rotunda	155	M	28,7	3
Pohansko-rotunda	157	M	40,9	4
Pohansko-rotunda	158	F	48,1	7
Pohansko-rotunda	162	M	28,7	5
Pohansko-rotunda	164,2	M	Adult	4
Pohansko-rotunda	165	M	35,2	7
Pohansko-rotunda	166	M	28,7	5
Pohansko-rotunda	168	M	23,4	2
Pohansko-rotunda	169	M	28,7	2
Pohansko-rotunda	173	M	28,7	7
Pohansko-rotunda	174	M	46,6	7
Pohansko-rotunda	179	M	28,7	7
Pohansko-rotunda	184	M	28,7	7
Pohansko-rotunda	185	M	35,2	7
Pohansko-rotunda	187	M	46,6	7
Pohansko-rotunda	189	F	30,7	7
Pohansko-rotunda	190	M	61,2	7
Pohansko-rotunda	191,1	M	55	7
Pohansko-rotunda	192	F	47,5	3
Kostice-Zadní hrúd	KZH H001	N/A	Adult	2
Kostice-Zadní hrúd	KZH H003	M	Adult	1

<sup>a</sup> Výbava: 1 bojovník (meč/sekera), 2 jezdec (součásti jezdeckého postroje), 3 unisex (nůž), 4 muž (opasek, přezky), 5 žena (šperky, spony, přeslen), 6 bez výbavy, 7 unisex (keramika).

Tabulka 3: Seznam jedinců z Periferie, jedinci jsou popsáni lokalitou, číslem jedince, odhadem pohlaví a věku

Lokalita	Jedinec	pohlaví	Věk
J-Z předhradí	1	F	N/A
J-Z předhradí	14	M	28,7
J-Z předhradí	42	M	28,7
J-Z předhradí	49	M	46,6
J-Z předhradí	58	M	35,2
J-Z předhradí	65	F	N/A
J-Z předhradí	66	M	N/A
J-Z předhradí	70	M	N/A
J-Z předhradí	82	M	35,2
J-Z předhradí	93	N/A	N/A
J-Z předhradí	106	M	23,4
J-Z předhradí	114	M	N/A
J-Z předhradí	118	M	N/A
J-Z předhradí	148	M	35,2
J-Z předhradí	175	M	35,2
J-Z předhradí	193	M	46,6
J-Z předhradí	209	F	38,2
J-Z předhradí	15-IV	N/A	N/A
J-Z předhradí	20-IV	M	46,6
J-Z předhradí	23-IV	F	N/A
J-Z předhradí	27-IV	F	30,7
J-Z předhradí	32-IV	F	38,2
J-Z předhradí	8-IV	F	34,45
Lesní hrúd	3	M	23,4
Lesní hrúd	6	F	N/A
Lesní hrúd	33	F	30,7
Lesní školka	7	M	35,2
Lesní školka	12	M	35,2
Lesní školka	16	M	N/A
Lesní školka	23	F	48,1
Lesní školka	25	M	35,2
Lesní školka	29	M	N/A
Lesní školka	40	M	N/A
Lesní školka	51	M	46,6
Lesní školka	55	M	28,7
Lesní školka	59	M	35,2
Lesní školka	76	F	N/A
S-V předhradí	31	F	N/A
S-V předhradí	35	M	35,2
S-V předhradí val	4	F	48,1

Tabulka 4: Hodnocené úpony horní a dolní končetiny podle metody Villotte (Villotte, 2006; Havelková and Villotte, 2007; Villotte et al., 2010)

Skupina	Zkratka	Sval	Lokalizace úponu	Povaha
G1	HSC	m. subscapularis (i)	Tuberculum minus	FC
G1	HSI	m. supraspinatus (i) m. infraspinatus (i)	Tuberculum major	FC
G1	HEM	Společný začátek extensorů zápěstí (o)	Epicondylus medialis	FC
G1	HEL	Společný začátek flexorů zápěstí (o)	Epicondylus lateralis	FC
G1	RBB	m. biceps brachii (i)	Tuberositas radii	FC
G1	CSB	m. semimembranosus (o) m. biceps femoris (o)	Tuberositas ischiadica	FC
G1	FPF	m. gluteus minimus (i)	Trochanter major (anterior)	FC
G1	FMF	m. gluteus medius (i)	Trochanter major (lateral)	FC
G1	FIP	m. iliopsoas (i)	Trochanter minor	FC
G2	UTB	m. triceps brachii (i)	Olecranon	FC
G2	PQF	m. quadriceps femoris (i)	Patella	FC
G2	CTS	m. triceps surae (i)	Calcaneus	FC
G3	C2 – S1	Ligamenta flava	Arcus vertebrae	FC
G4	HGP	m. pectoralis major (i)	Crista tuberculi majoris	F
G4	HDE	m. deltoideus (i)	Tuberositas deltoidea	F
G4	RRP	m. pronator teres (i)	Střed laterální strany Radia	F
G4	FGF	m. gluteus maximus (i)	Tuberositas glutea	F
G4	FLA	m. vastus medialis (o) m. adductor magnus (i) m. adductor longus (i)	Linea aspera	F
G4	TSO	m. soleus (o)	Linea musculi solei	F



Tabulka 5: Průměrné hodnoty Fourierových koeficientů, rozděleno na skupiny celkem, 1. a 2. kostel, bojovníci, muži, ženy, do grafu jsou dále zaneseny hodnoty jedince KZH H003 a srovnávacích souborů podle Erickson et al. (2000)

	Celkem	1. kostel	2. kostel	Bojovníci	Larsen	Leavenworth	Muži	Ženy	KZH H003	Signifikance <sup>a</sup> bojovníci	Signifikance <sup>a</sup> pohlaví
A <sub>0</sub>	1,533	1,535	1,531	1,515	1,520	1,550	1,533	1,438	1,869	0,6394	0,0466*
A <sub>1</sub>	5,942	6,077	5,773	6,0175	3,390	3,400	5,954	5,069	5,120	0,6354	2,2*10 <sup>-16</sup> ***
A <sub>3</sub>	0,049	0,024	0,083	0,0817	-0,078	0,024	0,055	0,032	0,186	0,5141	0,0557*
A <sub>5</sub>	-0,328	-0,303	-0,358	-0,345	0,159	0,138	-0,33	-0,381	-0,492	0,3931	0,2894
B <sub>2</sub>	-0,165	-0,182	-0,143	-0,184	0,129	0,081	-0,167	-0,137	-0,191	0,6147	0,6730
B <sub>4</sub>	0,121	0,124	0,116	0,181	-0,023	0,004	0,128	0,108	0,160	0,6433	0,3222
A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	0,258	0,252	0,265	0,252	0,457	0,478	0,257	0,283	0,365	0,5598	0,0030**
A <sub>3</sub> /A <sub>1</sub>	0,008	0,004	0,014	0,014	-0,021	0,010	0,01	0,006	0,036	0,4789	0,0003***
A <sub>5</sub> /A <sub>1</sub>	-0,056	-0,050	-0,062	-0,057	0,046	0,037	-0,056	-0,075	-0,096	0,3589	0,9795
B <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>	-0,028	-0,030	-0,025	-0,031	0,039	0,026	-0,03	-0,027	-0,038	0,5748	0,7612
B <sub>4</sub> /A <sub>1</sub>	0,020	0,020	0,020	0,030	-0,008	-0,001	0,027	0,021	0,031	0,6437	0,8057

<sup>a</sup> Signifikance: Dvouvýběrový T-test s 95% intervalem spolehlivosti

\* signifikance p-value = 0,05

\*\* signifikance p-value = 0,005

\*\*\* signifikance p-value = 0,00

Tabulka 6: Procentuální zastoupení remodelací typu A, B, C pravé horní končetiny  
rozděleno podle populací

	Celkem [%]	1. kostel [%]	2. kostel- rotunda [%]	Bojovníci [%]	p <sup>a</sup>
HSC A	52	57	45	50	0,9741
HSC B	38	32	45	33	0,8280
HSC C	10	11	10	17	0,6824
HSI A	41	52	26	60	0,4205
HSI B	60	48	74	40	0,4205
HSI C	0	0	0	0	N/A
HEM A	44	50	36	75	0,5371
HEM B	56	50	64	25	0,5371
HEM C	0	0	0	0	N/A
HEL A	61	62	60	83	0,3269
HEL B	39	38	40	17	0,3269
HEL C	0	0	0	0	N/A
HGP A	39	46	27	22	0,3521
HGP B	49	43	59	67	0,3368
HGP C	12	11	14	11	0,9342
HDE A	60	63	55	67	0,7438
HDE B	40	37	46	33	0,7438
HDE C	0	0	0	0	N/A
RBB A	35	36	33	50	0,4304
RBB B	56	56	56	50	0,7753
RBB C	9	8	11	0	0,3887
RRP A	28	45	5	13	0,3505
RRP B	62	48	81	88	0,1564
RRP C	10	7	14	0	0,3606
UTB A	30	42	18	60	0,9164
UTB B	43	33	54	40	0,2213
UTB C	26	25	27	0	0,2120

<sup>a</sup>p: Wilcoxonův dvouvýběrový neparametrický test

\* signifikance p-value = 0,05

\*\* signifikance p-value = 0,005

Tabulka 7: Procentuální zastoupení remodelací typu A, B, C levé horní končetiny rozděleno podle populací

	Celkem [%]	1. kostel [%]	2. kostel- rotunda [%]	Bojovníci [%]	p <sup>a</sup>
HSC A	62	64	60	50	0,5607
HSC B	31	24	40	25	0,7153
HSC C	7	12	0	25	0,1177
HSI A	50	65	35	75	0,2565
HSI B	44	29	59	0	0,0822
HSI C	6	6	6	25	0,2268
HEM A	59	56	64	50	0,7754
HEM B	37	44	27	50	0,7754
HEM C	4	0	9	0	N/A
HEL A	50	56	43	50	1
HEL B	50	44	57	50	1
HEL C	0	0	0	0	N/A
HGP A	59	58	62	33	0,1538
HGP B	35	36	33	67	0,0782
HGP C	6	6	5	0	0,4888
HDE A	54	55	52	50	0,8390
HDE B	44	46	43	50	0,7559
HDE C	2	0	5	0	0,6985
RBB A	37	40	33	57	0,3026
RBB B	47	50	44	29	0,4027
RBB C	16	10	22	14	0,9608
RRP A	30	42	15	38	0,5717
RRP B	57	54	60	50	0,9487
RRP C	14	4	25	13	0,2872
UTB A	33	33	33	60	0,4818
UTB B	58	67	50	40	0,5541
UTB C	8	0	17	0	0,5210

<sup>a</sup> p: Wilcoxonův dvouvýběrový neparametrický test

\* signifikance p-value = 0,05

\*\* signifikance p-value = 0,005

Tabulka 8: Procentuální zastoupení remodelací typu A, B, C pravé dolní končetiny rozděleno podle populací

	Celkem [%]	1. kostel [%]	2. kostel- rotunda [%]	Bojovníci [%]	p <sup>a</sup>
CSB A	49	45	53	0	0,0186*
CSB B	30	30	29	71	0,0394*
CSB C	22	25	18	29	0,7072
FPF A	3	0	7	0	0,7518
FPF B	84	94	71	60	0,3041
FPF C	13	6	21	40	0,1348
FMF A	48	60	36	40	0,7921
FMF B	38	40	36	20	0,4777
FMF C	14	0	27	40	0,2157
FIP A	76	73	80	50	0,1858
FIP B	20	19	20	17	0,8833
FIP C	4	8	0	33	0,0143*
FGF A	19	15	25	30	0,4194
FGF B	46	49	42	40	0,8194
FGF C	35	36	33	30	0,8184
FLA A	58	61	54	82	0,1456
FLA B	23	25	21	9	0,2960
FLA C	18	14	25	9	0,4627
PQF A	34	40	26	71	0,0651
PQF B	30	24	37	29	0,9723
PQF C	36	36	37	0	0,0588
TSO A	35	35	33	60	0,1306
TSO B	43	47	38	40	0,8636
TSO C	22	18	29	0	0,1011
CTS A	2	0	5	33	0,0037**
CTS B	54	58	47	33	0,3147
CTS C	44	42	47	33	0,7068

<sup>a</sup> p: Wilcoxonův dvouvýběrový neparametrický test

\* signifikance p-value = 0,05

\*\* signifikance p-value = 0,005

Tabulka 9: Procentuální zastoupení remodelací typu A, B, C levé dolní končetiny rozděleno podle populací

	Celkem [%]	1. kostel [%]	2. kostel- rotunda [%]	Bojovníci [%]	p <sup>a</sup>
CSB A	49	41	58	20	0,2356
CSB B	37	46	26	60	0,3267
CSB C	15	14	16	20	0,7767
FPF A	3	5	0	0	0,8474
FPF B	78	73	86	33	0,1016
FPF C	19	23	14	67	0,07108
FMF A	44	38	55	33	0,7475
FMF B	33	38	27	67	0,2819
FMF C	15	13	18	0	0,3966
FIP A	59	56	62	50	0,7538
FIP B	35	32	38	25	0,7111
FIP C	7	12	0	25	0,2093
FGF A	15	17	13	38	0,1301
FGF B	41	37	46	38	0,8734
FGF C	44	46	42	25	0,3139
FLA A	47	47	46	50	0,8537
FLA B	30	33	25	30	1
FLA C	23	19	29	20	0,8265
PQF A	37	40	33	57	0,1023
PQF B	37	45	27	14	0,0579
PQF C	26	15	40	29	0,8943
TSO A	33	38	27	60	0,1173
TSO B	53	52	55	40	0,4647
TSO C	14	10	18	0	0,2235
CTS A	0	0	0	20	0,0065**
CTS B	49	46	53	20	0,4374
CTS C	33	40	24	60	0,9650

<sup>a</sup> p: Wilcoxonův dvouvýběrový neparametrický test

\* signifikance p-value = 0,05

\*\* signifikance p-value = 0,005

Tabulka 10: Procentuální zastoupení remodelací typu A, B, C krční páteře rozděleno podle populací

Úpon	Celkem [%]	1. kostel [%]	2. kostel- rotunda [%]	Bojovníci [%]	p <sup>a</sup>
C2 A	100	100	100	100	N/A
C2 B	0	0	0	0	N/A
C2 C	0	0	0	0	N/A
C3 A	97	93	100	100	0,833
C3 B	3	7	0	0	0,833
C3 C	0	0	0	0	N/A
C4 A	100	100	100	100	N/A
C4 B	0	0	0	0	N/A
C4 C	0	0	0	0	N/A
C5 A	100	100	100	100	0,791
C5 B	0	0	0	0	N/A
C5 C	0	0	0	0	N/A
C6 A	100	100	100	100	0,737
C6 B	0	0	0	0	N/A
C6 C	0	0	0	0	N/A
C7 A	100	100	100	100	0,715
C7 B	0	0	0	0	N/A
C7 C	0	0	0	0	N/A

<sup>a</sup>p: Wilcoxonův dvouvýběrový neparametrický test

\* signifikance p-value = 0,05

\*\* signifikance p-value = 0,005

Tabulka 11: Procentuální zastoupení remodelací typu A, B, C hrudní páteře rozděleno podle populací

Úpon	Celkem [%]	1. kostel [%]	2. kostel- rotunda [%]	Bojovníci [%]	p <sup>a</sup>
Th1 A	92	90	95	100	0,4307
Th1 B	6	10	0	0	0,5035
Th1 C	2	0	5	0	0,7289
Th2 A	63	63	62	88	0,1874
Th2 B	33	33	33	13	0,2556
Th2 C	4	3	5	0	0,5999
Th3 A	42	41	43	57	0,8503
Th3 B	50	56	43	43	0,3395
Th3 C	8	4	14	0	0,3919
Th4 A	35	41	29	57	0,3124
Th4 B	46	41	52	29	0,4268
Th4 C	19	19	19	14	0,8082
Th5 A	17	14	20	38	0,216
Th5 B	48	50	45	50	0,9274
Th5 C	35	36	35	13	0,2318
Th6 A	11	11	11	25	0,3791
Th6 B	49	59	33	63	0,4907
Th6 C	40	30	56	13	0,1642
Th7 A	6	4	10	14	0,6024
Th7 B	48	54	40	57	0,6635
Th7 C	46	43	50	29	0,4513
Th8 A	13	11	15	0	0,3432
Th8 B	43	37	50	86	0,0468*
Th8 C	45	52	35	14	0,1555
Th9 A	19	19	20	0	0,2274
Th9 B	38	37	40	71	0,1347
Th9 C	43	44	40	29	0,5483
Th10 A	14	7	24	13	0,9709
Th10 B	28	30	24	38	0,5269
Th10 C	59	63	52	50	0,5898
Th11 A	8	10	5	17	0,5026
Th11 B	25	17	37	33	0,7169
Th11 C	67	73	58	50	0,4533
Th12 A	27	37	11	29	0,8750
Th12 B	22	7	47	43	0,2847
Th12 C	51	57	42	29	0,3200

<sup>a</sup> p: Wilcoxonův dvouvýběrový neparametrický test

\* signifikance p-value = 0,05

\*\* signifikance p-value = 0,005

Tabulka 12: Procentuální zastoupení remodelací typu A, B, C bederní páteře včetně S1 rozděleno podle populací

Úpon	Celkem [%]	1. kostel [%]	2. kostel- rotunda [%]	Bojovníci [%]	p <sup>a</sup>
L1 A	65	68	60	75	0,6036
L1 B	10	3	20	13	0,8180
L1 C	26	29	20	13	0,4491
L2 A	80	84	73	100	0,1721
L2 B	7	0	18	0	0,4488
L2 C	13	16	9	0	0,2971
L3 A	86	88	82	100	0,2971
L3 B	6	0	14	0	0,5533
L3 C	9	12	5	0	0,4272
L4 A	91	91	92	100	0,4315
L4 B	5	3	8	0	0,5569
L4 C	4	6	0	0	0,6427
L5 A	91	90	91	100	0,4227
L5 B	4	3	4	0	0,6367
L5 C	6	7	4	0	0,5496
S1 A	98	96	100	86	0,1365
S1 B	0	0	0	14	0,0132*
S1 C	2	4	0	0	0,7353

<sup>a</sup> p: Wilcoxonův dvouvýběrový neparametrický test

\* signifikance p-value = 0,05

\*\* signifikance p-value = 0,005



Tabulka 13: Hodnoty zachovalosti jednotlivých úponů horní a dolní končetiny v souboru Pohanska-Břeclavi

	Úpon	Zachovalost dx [%]	Zachovalost sin [%]
Horní končetina	HSC	75	74
	HSI	65	53
	HEM	43	40
	HEL	40	25
	HGP	92	88
	HDE	92	89
	RBB	71	63
	RRP	81	72
	UTB	39	40
Dolní končetina	CSB	61	64
	FPF	50	54
	FMF	36	39
	FIP	72	69
	FGF	93	93
	FLA	99	97
	PQF	71	58
	TSO	95	85
	CTS	68	51

Tabulka 14: Hodnoty zachovalosti jednotlivých úponů na páteři v souboru Pohanska-Břeclavi

	Úpon	Zachovalost [%]
Křční páteř	C2	50
	C3	46
	C4	46
	C5	49
	C6	57
	C7	72
Hrudní páteř	Th1	81
	Th2	82
	Th3	76
	Th4	76
	Th5	78
	Th6	74
	Th7	76
	Th8	75
	Th9	75
	Th10	82
	Th11	78
	Th12	78
Bederní páteř	L1	82
	L2	86
	L3	86
	L4	88
	L5	85
	S1	71

Tabulka 15: CSG parametry pravé a levé pažní kosti v 35% biomechanické délky

	BM	Hu dx BML	Hu sin BML	Hu dx TA	Hu dx CA	Hu dx Zx	Hu dx Zy	Hu dx Zp	Hu sin TA	Hu sin CA	Hu sin Zx	Hu sin Zy	Hu sin Zp	DirA [%]	MaxA [%]	Zx/Zy dx	Zx/Zy sin	Signifikance <sup>a</sup>
Pohansko celkem	70	333	328	143,16	104,92	335,2	310,01	609,61	132,32	98,95	305,1	274,81	544,84	11	10	1,081	1,11	
Pohansko 1. kostel	70	334	330	144,25	113,61	352,19	328,31	643,54	105,17	81,77	249,33	224,14	444,14	14	12	1,073	1,112	
Pohansko 2. kostel	70	332	327	147,56	104,11	344,36	317,12	626,16	126,66	91,89	291,73	263,99	522,87	11	11	1,086	1,105	
Pohansko Periferie	69	333	329	137,04	95,76	305,39	280,96	552,04	107,31	79,77	239,93	215,29	427,66	7	10	1,087	1,114	
Bojovníci	71	333	328	142,29	106,49	335,94	324,77	631,87	129,80	95,06	299,19	274,49	547,91	13	13	1,034	1,09	0,5
KZH H003	62	319	325	130,04	99,08	276,10	234,20	423,73	157,60	122,8	389,37	294,69	569,31	-29	29	1,179	1,321	0,01*

<sup>a</sup>Signifikance: Dvouvýběrový T-test s 95% intervalem spolehlivosti

\* signifikance p-value = 0,05

\*\* signifikance p-value = 0,005

\*\*\* signifikance p-value = 0,00

Tabulka 16: CSG parametry kosti stehenní a holení v 50% biomechanické délky

Lokalita		BM	BML	TA	CA	Zx	Zy	Zp	Zx/Zy	Dolní/horní končetina	Signifikance mobility <sup>a</sup>	Signifikance lukostřelby <sup>a</sup>
Femur	Pohansko	70	435	202	147	584	623	1123	0,94	2,4		
	Bojovníci	72	443	193	144	581	599	1105	0,97	2,3	0,3	0,8
	KZH H003	62	435	213	157	591	594	983	0,99	2,4	0,9	0,9
Tibie	Pohansko	70	364	154	111	471	355	697	1,32	1,5		
	Bojovníci	72	368	148	109	453	339	685	1,34	1,5	0,9	1
	KZH H003	62	334	168	126	509	376	737	1,35	1,8	0,9	0,2

<sup>a</sup>Signifikance: Dvouvýběrový T-test s 95% intervalem spolehlivosti

\* signifikance p-value = 0,05

\*\* signifikance p-value = 0,005

\*\*\* signifikance p-value = 0,00

Tabulka 17: Chyba hodnocení entezopatických mezi Vojtěchem Fikar a Petrou Havelkovou

	Chyba	HSC	HSI	HEM	HEL	HGP	HDE	RBB	RRP	UTB	FPF	FMF	FIP	FGF	FLA	TSO	CSB	PQF	CTS	Průměr
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Pravá strana	-1,5	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0
	-1	7	6	26	13	2	2	2	4	2	15	12	2	2	0	2	9	22	2	7
	-0,5	19	9	19	16	3	2	15	13	4	12	10	12	9	12	22	22	16	6	12
	0	46	46	44	55	13	20	58	59	62	44	57	36	46	42	49	29	33	55	44
	0,5	22	28	6	13	39	59	13	13	20	19	16	44	28	33	23	17	18	17	24
	1	6	12	3	0	36	17	12	10	9	10	3	6	12	6	4	15	4	13	10
	1,5	0	0	0	0	7	0	2	0	3	2	3	2	4	7	0	7	6	7	3
Levá strana	-1,5	2	2	10	6	0	0	0	2	2	4	0	0	0	0	2	3	2	0	2
	-1	7	6	33	28	4	0	7	7	0	4	3	0	0	0	7	12	28	4	8
	-0,5	26	22	25	22	6	4	9	16	6	12	15	7	7	15	22	13	13	3	14
	0	45	49	26	36	20	26	55	61	64	46	62	46	44	38	45	32	36	64	44
	0,5	17	15	6	4	46	44	16	10	16	13	10	36	30	28	16	25	16	16	20
	1	3	6	0	4	20	25	10	4	12	17	6	7	13	12	9	10	4	12	10
	1,5	0	2	0	0	3	2	3	0	2	3	4	3	7	9	0	6	2	2	3

### 10.3. Grafy

Graf 1: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s jízdou na koni na pravé končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 2: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s jízdou na koni na levé končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 3: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s nošením zbroje na pravé končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 4: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s nošením zbroje na levé končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 5: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s bojem zblízka na horní končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 6: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s bojem zblízka na pravé dolní končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 7: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s bojem zblízka na levé dolní končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 8: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s vrháním na horní končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 9: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s lukostřelbou na horní končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 10: Procentuální zastoupení úponů na pravém humeru, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 11: Procentuální zastoupení úponů na levém humeru, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 12: Procentuální zastoupení úponů na kosti vřetení, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 13: Procentuální zastoupení úponů na kosti loketní, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 14: Procentuální zastoupení úponů na kosti pánevní, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 15: Procentuální zastoupení úponů na pravém femuru, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 16: Procentuální zastoupení úponů na levém femuru, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 17: Procentuální zastoupení úponů na patelle, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 18: Procentuální zastoupení úponů na tibii, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 19: Procentuální zastoupení úponů na calcaneu, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 20: Procentuální zastoupení úponů na krční páteři, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 21: Procentuální zastoupení úponů na hrudní páteři, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 22: Procentuální zastoupení úponů na hrudní páteři, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

Graf 23: Srovnání hodnot koeficientu  $A_0$  (vlevo) a  $A_1$  (vpravo) mezi populacemi, do grafu zaneseny hodnoty vybraných jedinců H153, KZH H003, průměrné hodnoty Larsenova a Leavenworthova souboru (Erickson et al., 2000, p 478).

Graf 24: Srovnání hodnot koeficientu  $A_3$  (vlevo) a  $A_5$  (vpravo) mezi populacemi, do grafu zaneseny hodnoty vybraných jedinců H153, KZH H003, průměrné hodnoty Larsenova a Leavenworthova souboru (Erickson et al., 2000, p 478).

Graf 25: Srovnání hodnot koeficientu  $B_2$  (vlevo) a  $B_4$  (vpravo) mezi populacemi, do grafu zaneseny hodnoty vybraných jedinců H153, KZH H003, průměrné hodnoty Larsenova a Leavenworthova souboru (Erickson et al., 2000, p 478).

Graf 26: Srovnání hodnot koeficientu  $A_0/A_1$  (vlevo),  $A_3/A_1$  (vpravo) a  $A_5/A_1$  (dole) mezi populacemi, do grafu zaneseny hodnoty vybraných jedinců H153, KZH H003, průměrné hodnoty Larsenova a Leavenworthova souboru (Erickson et al., 2000, p 478).

Graf 27: Srovnání hodnot koeficientu  $B_2/A_1$  (vlevo) a  $B_4/A_1$  (vpravo) mezi populacemi, do grafu zaneseny hodnoty vybraných jedinců H153, KZH H003, průměrné hodnoty Larsenova a Leavenworthova souboru (Erickson et al., 2000).

Graf 28: Srovnání hodnot koeficientů  $A_0$  (vlevo) a  $A_1$  (vpravo) mezi muži a ženami.

Graf 29: Srovnání hodnot koeficientů  $A_3$  (vlevo) a  $A_5$  (vpravo) mezi muži a ženami.

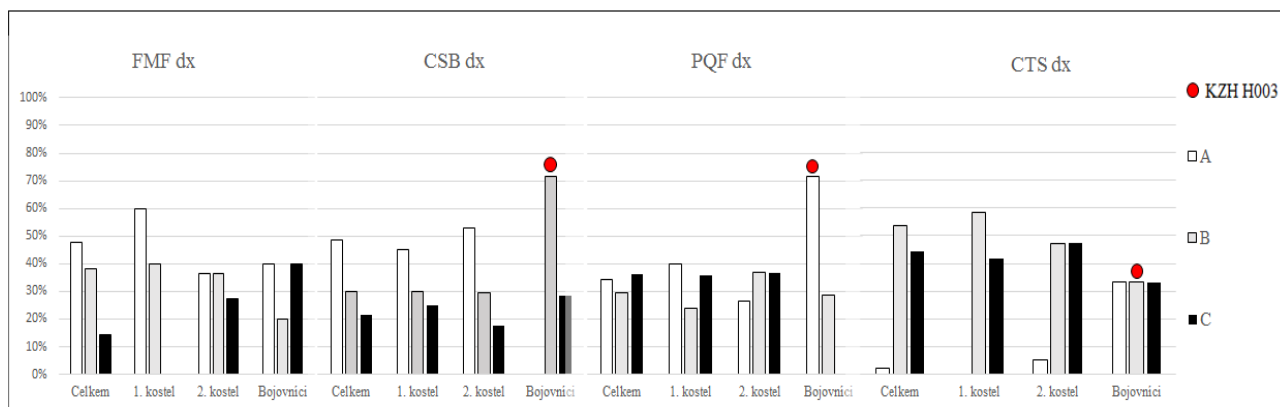
Graf 30: Srovnání hodnot koeficientů  $B_2$  (vlevo) a  $B_4$  (vpravo) mezi muži a ženami.

Graf 31: Srovnání hodnot koeficientů  $A_0/A_1$  (vlevo) a  $A_3/A_1$  (vpravo) mezi muži a ženami.

Graf 32: Srovnání hodnot koeficientů  $A_5/A_1$  mezi muži a ženami.

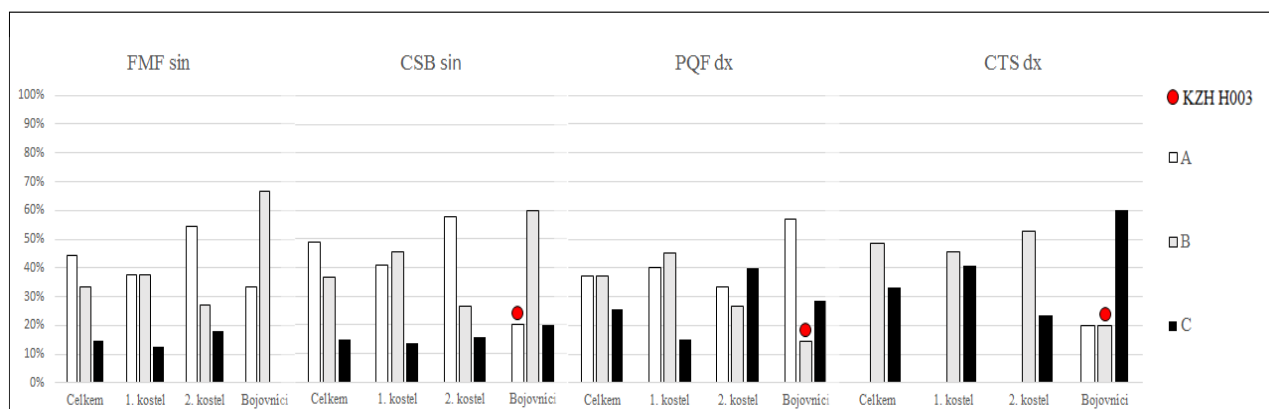
Graf 33: Srovnání hodnot koeficientů  $B_2/A_1$  (vlevo) a  $B_4/A_1$  (vpravo) mezi muži a ženami.

Graf 1: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s jízdou na koni na pravé končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

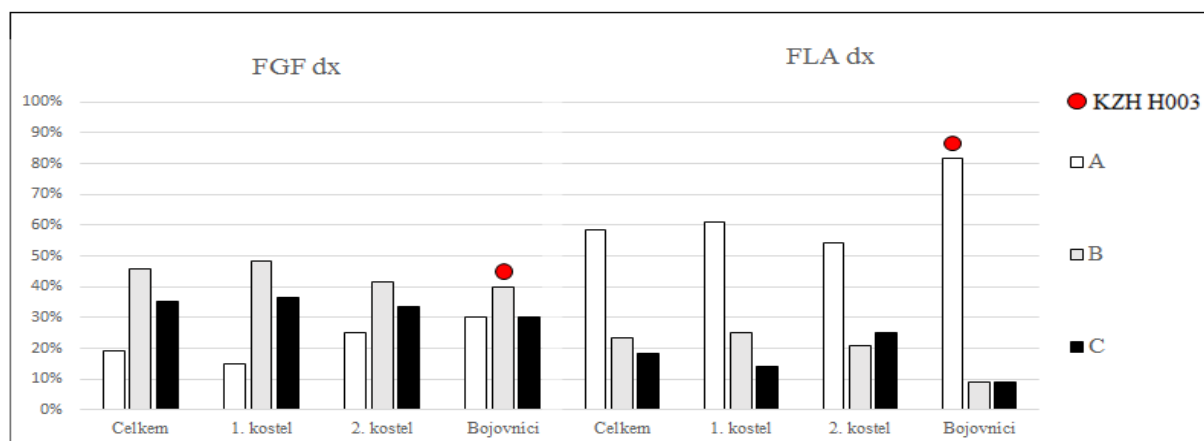




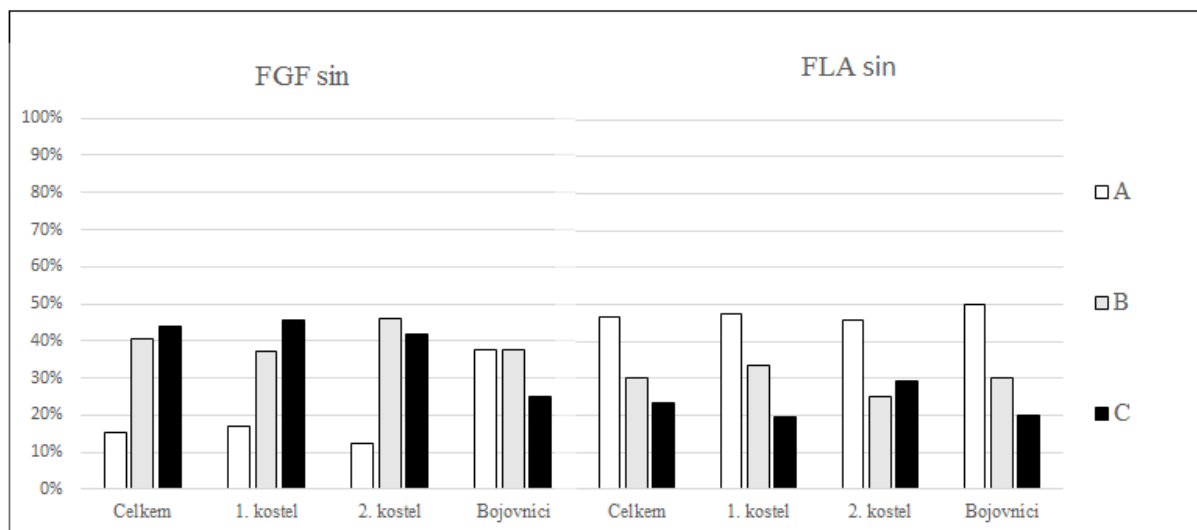
Graf 2: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s jízdou na koni na levé končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



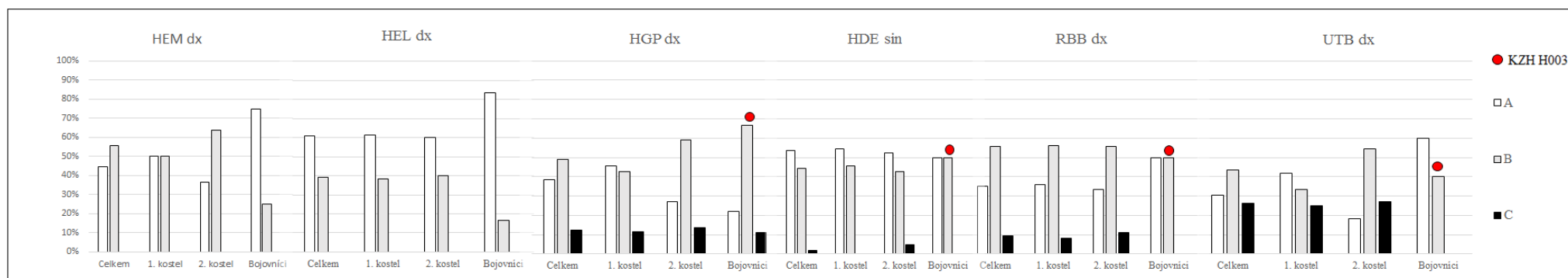
Graf 3: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s nošením zbroje na pravé končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



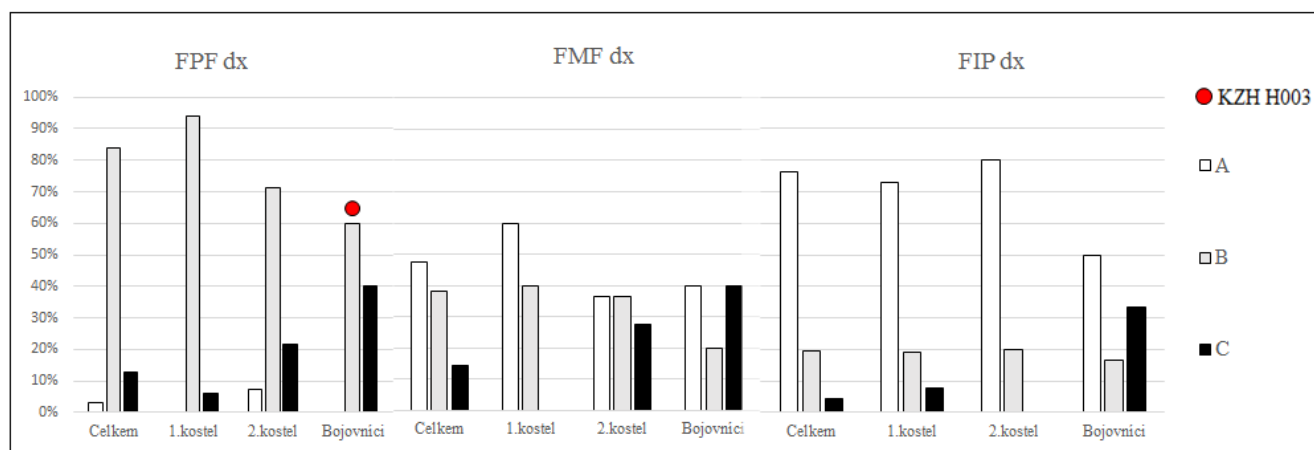
Graf 4: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s nošením zbroje na levé končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



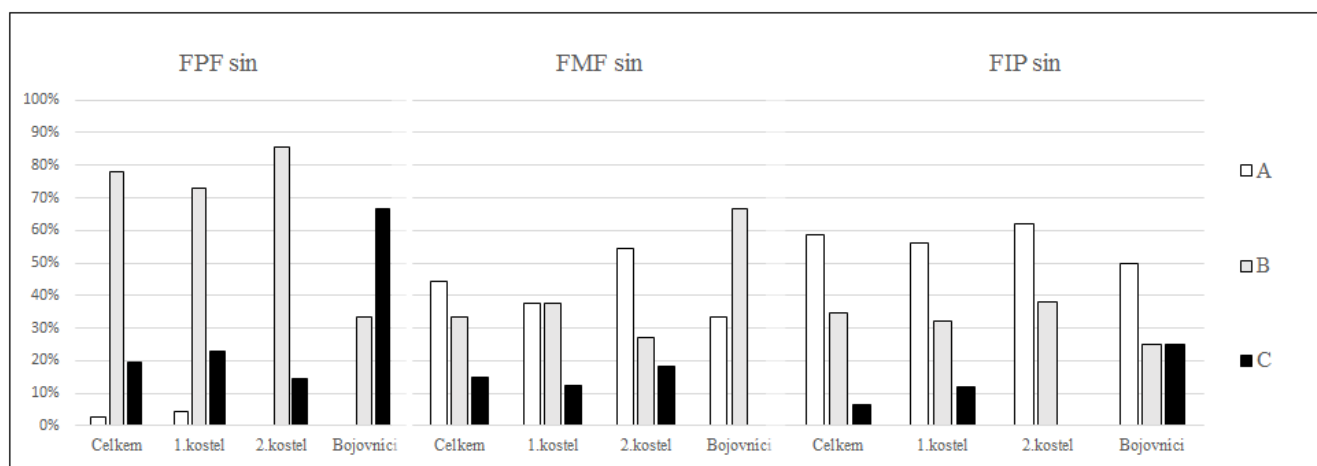
Graf 5: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s bojem zblízka na horní končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



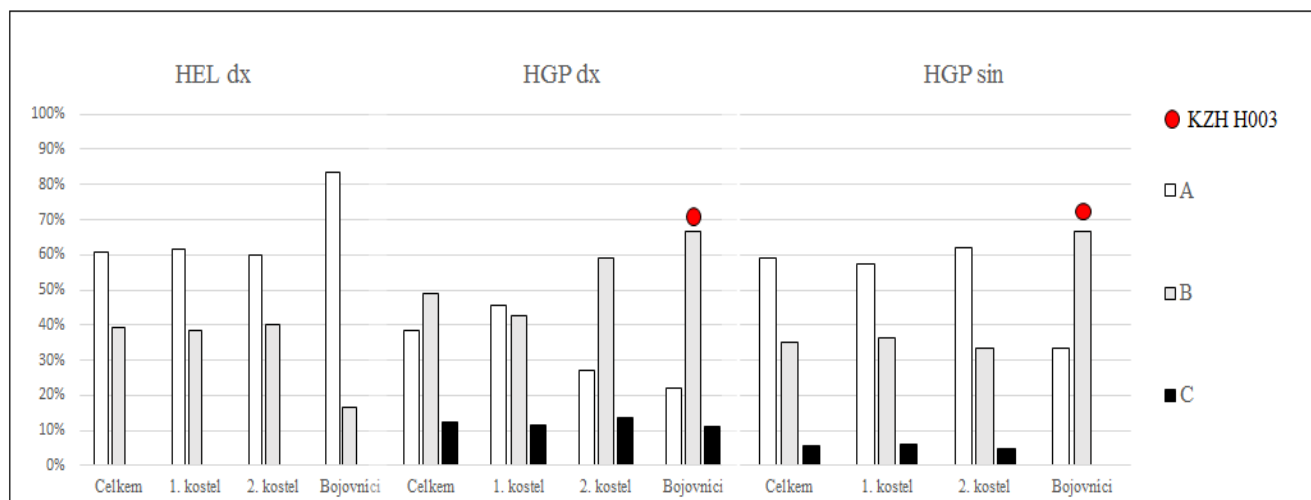
Graf 6: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s bojem zblízka na pravé dolní končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



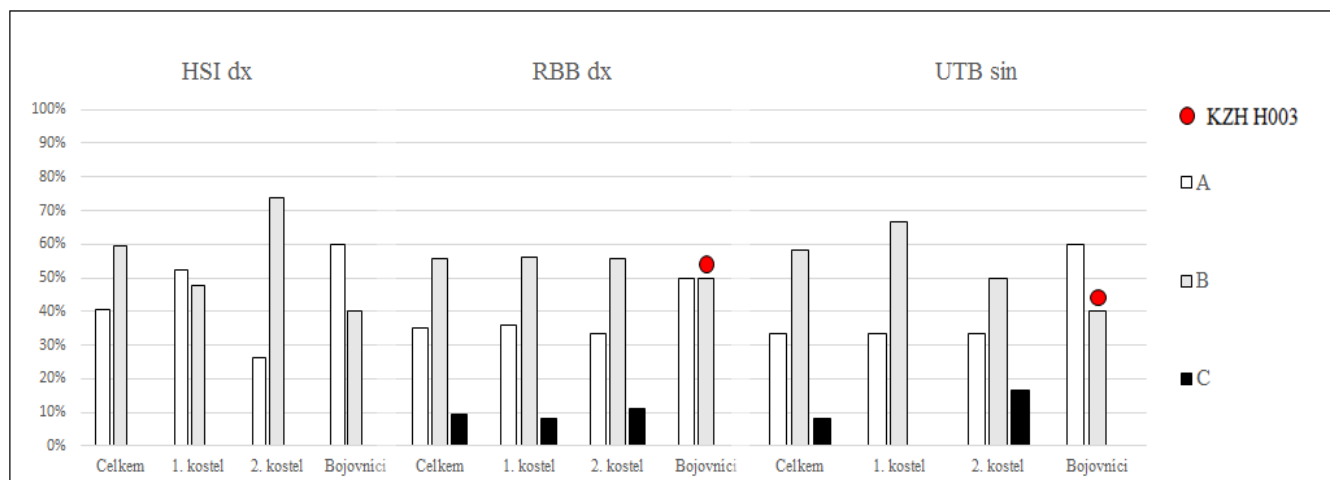
Graf 7: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s bojem zblízka na levé dolní končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



Graf 8: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s vrháním na horní končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

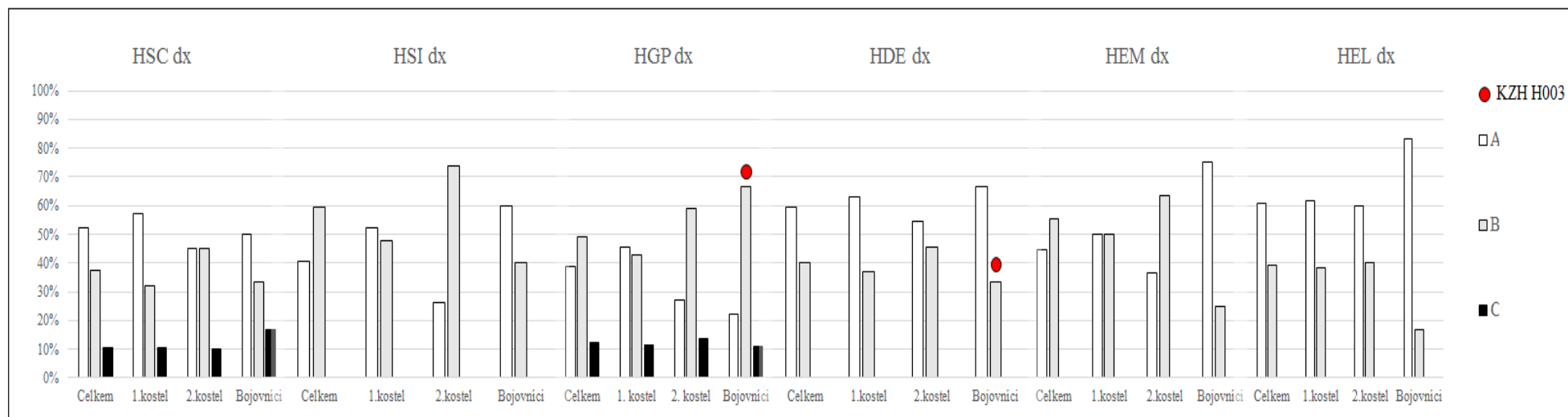


Graf 9: Procentuální zastoupení úpony asociovaných s lukostřelbou na horní končetině, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

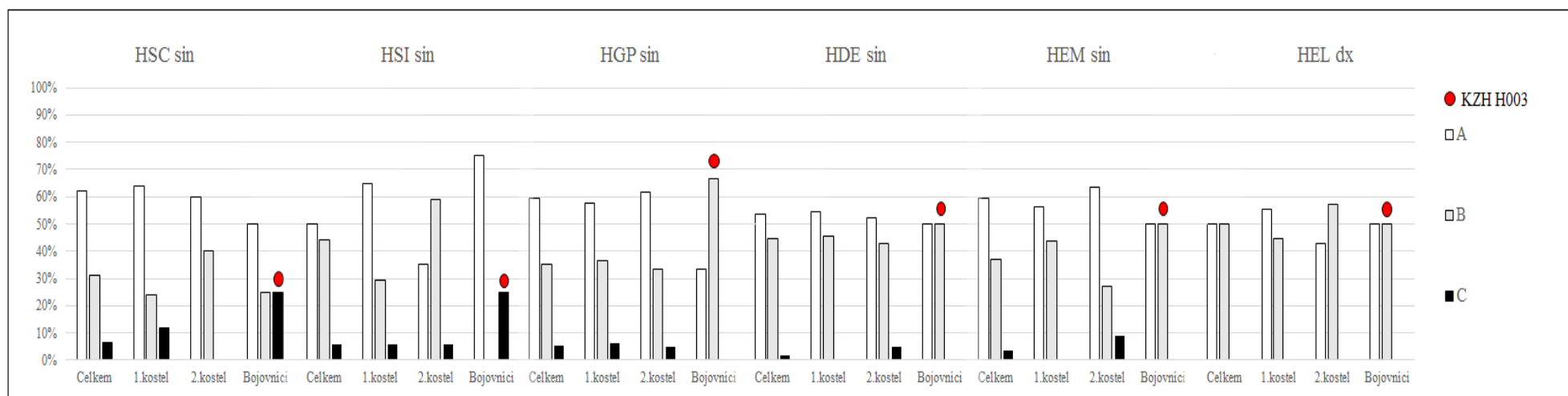




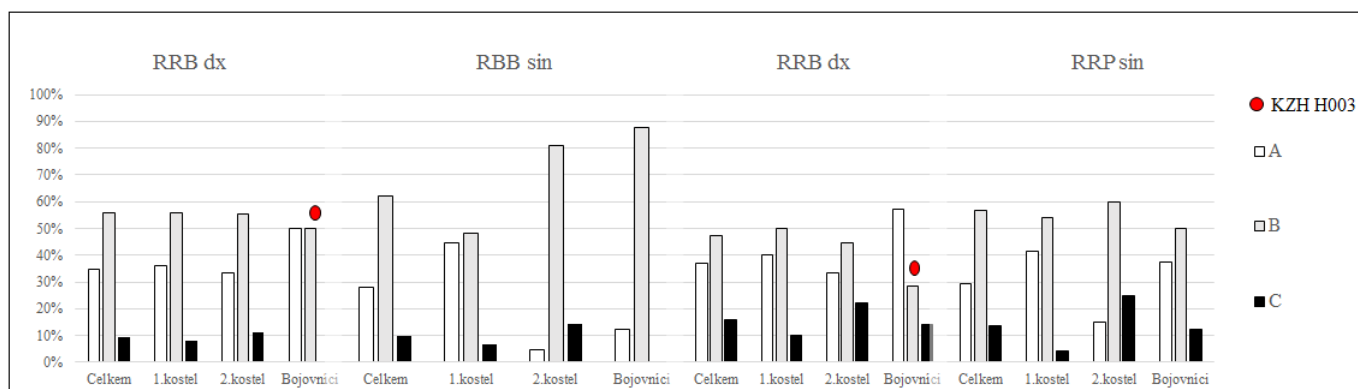
Graf 10: Procentuální zastoupení úponů na pravém humeru, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



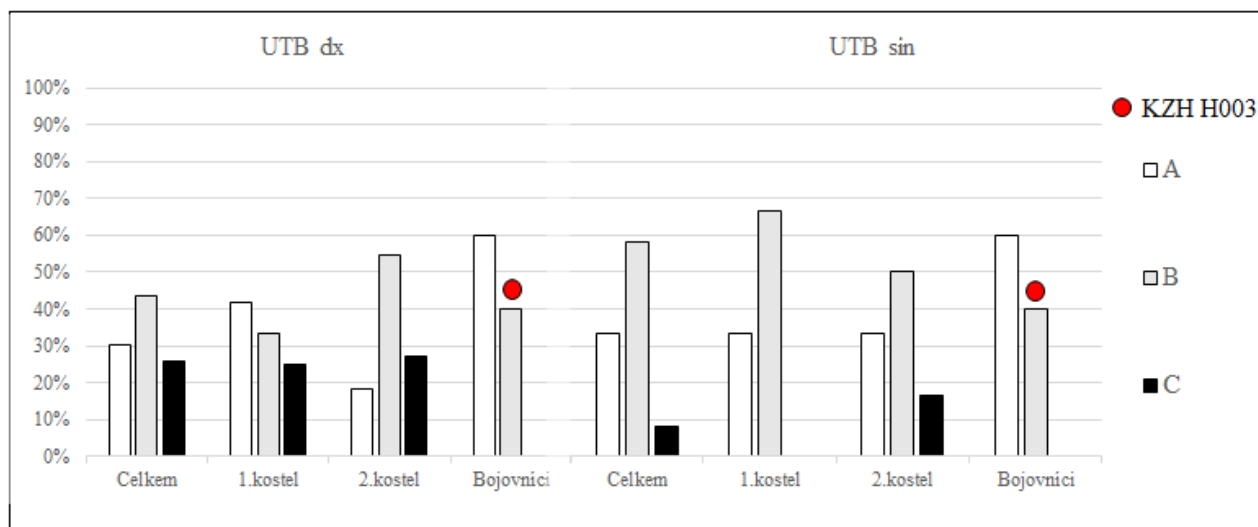
Graf 11: Procentuální zastoupení úponů na levém humeru, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



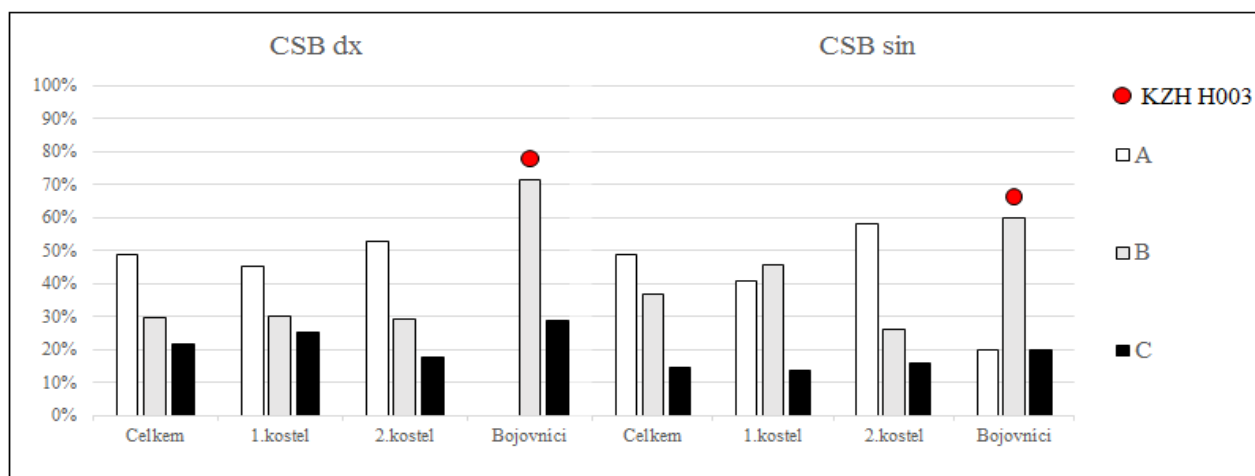
Graf 12: Procentuální zastoupení úponů na kosti vřetení, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



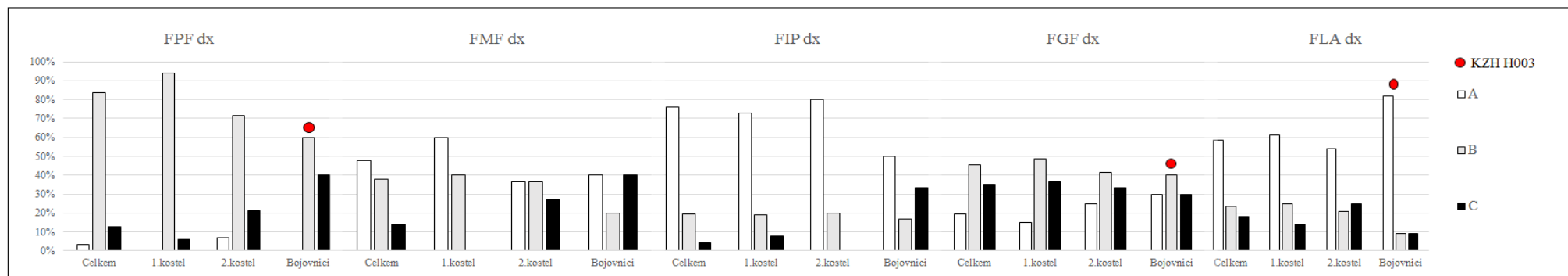
Graf 13: Procentuální zastoupení úponů na kosti loketní, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



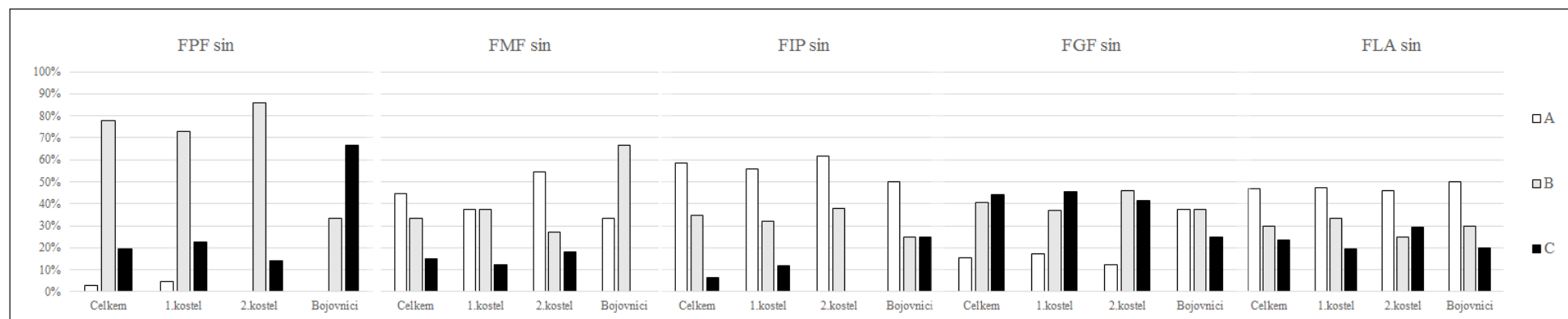
Graf 14: Procentuální zastoupení úponů na kosti pánevní, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



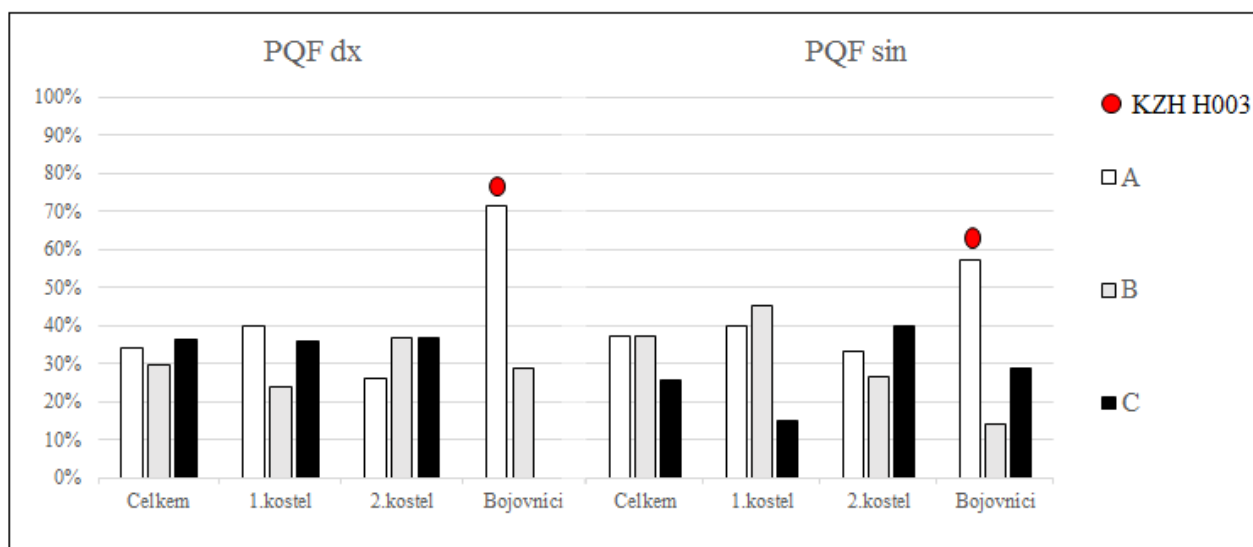
Graf 15: Procentuální zastoupení úponů na pravém femuru, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



Graf 16: Procentuální zastoupení úponů na levém femuru, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

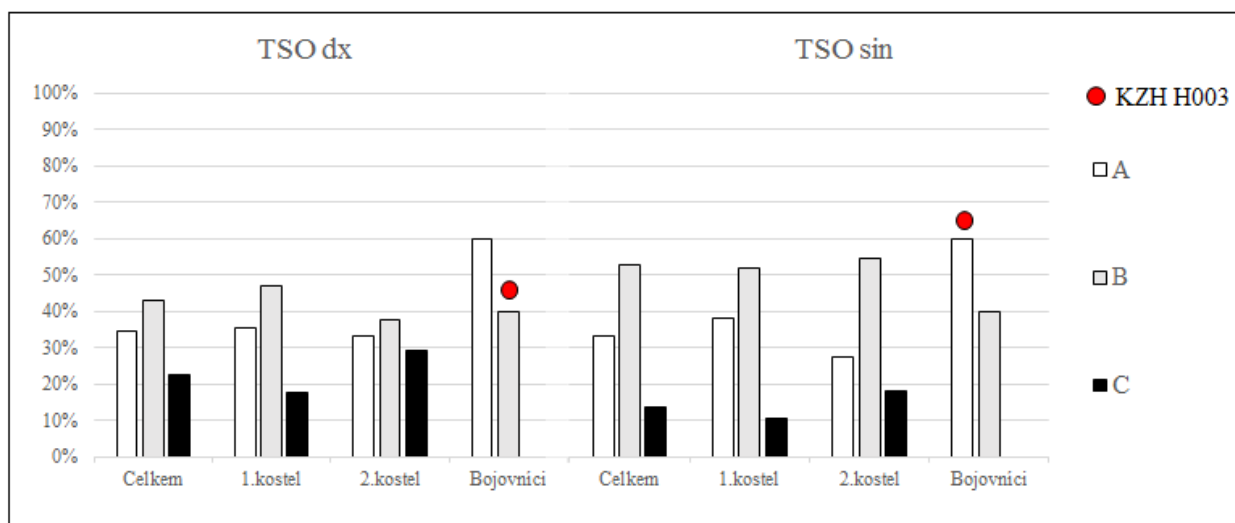


Graf 17: Procentuální zastoupení úponů na patelle, rozdělené podle souborů a typu remodelace.

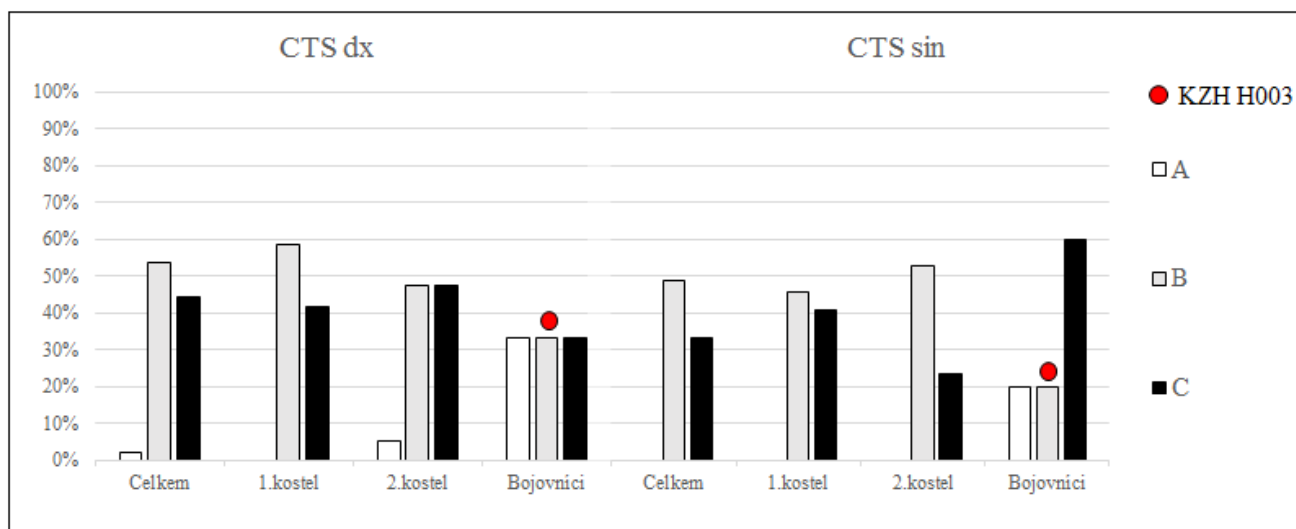




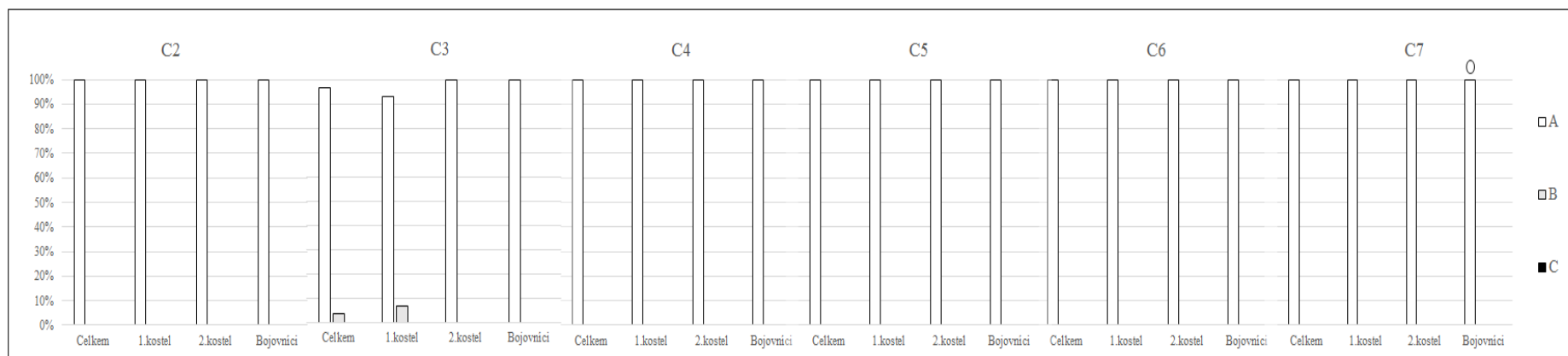
Graf 18: Procentuální zastoupení úponů na tibii, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



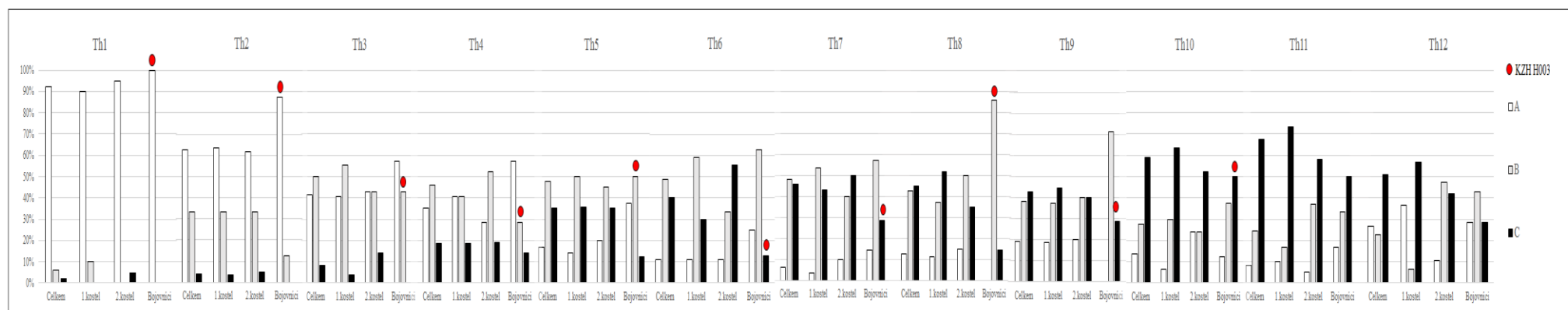
Graf 19: Procentuální zastoupení úponů na calcaneu, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



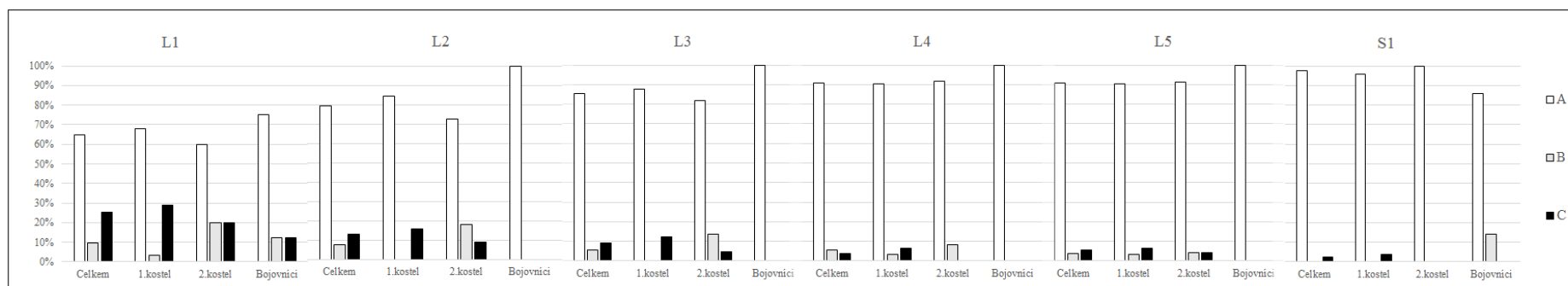
Graf 20: Procentuální zastoupení úponů na krční páteři, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



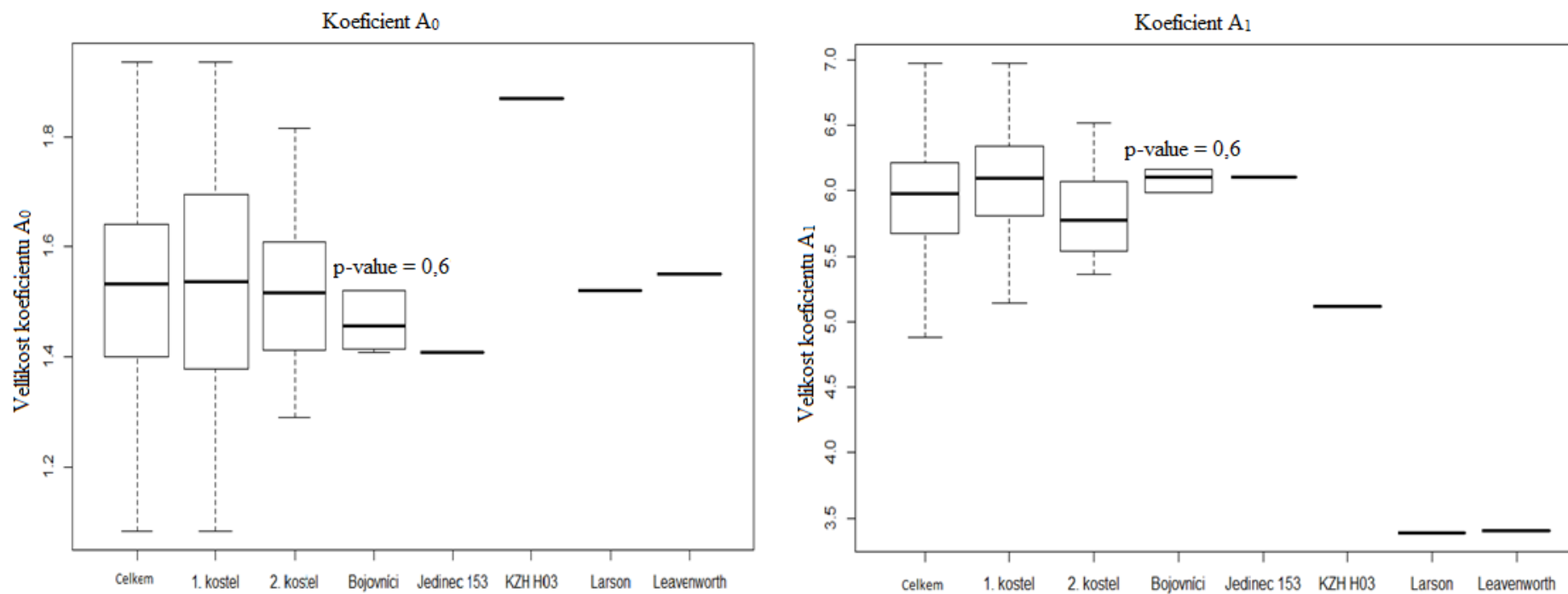
Graf 21: Procentuální zastoupení úponů na hrudní páteři, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



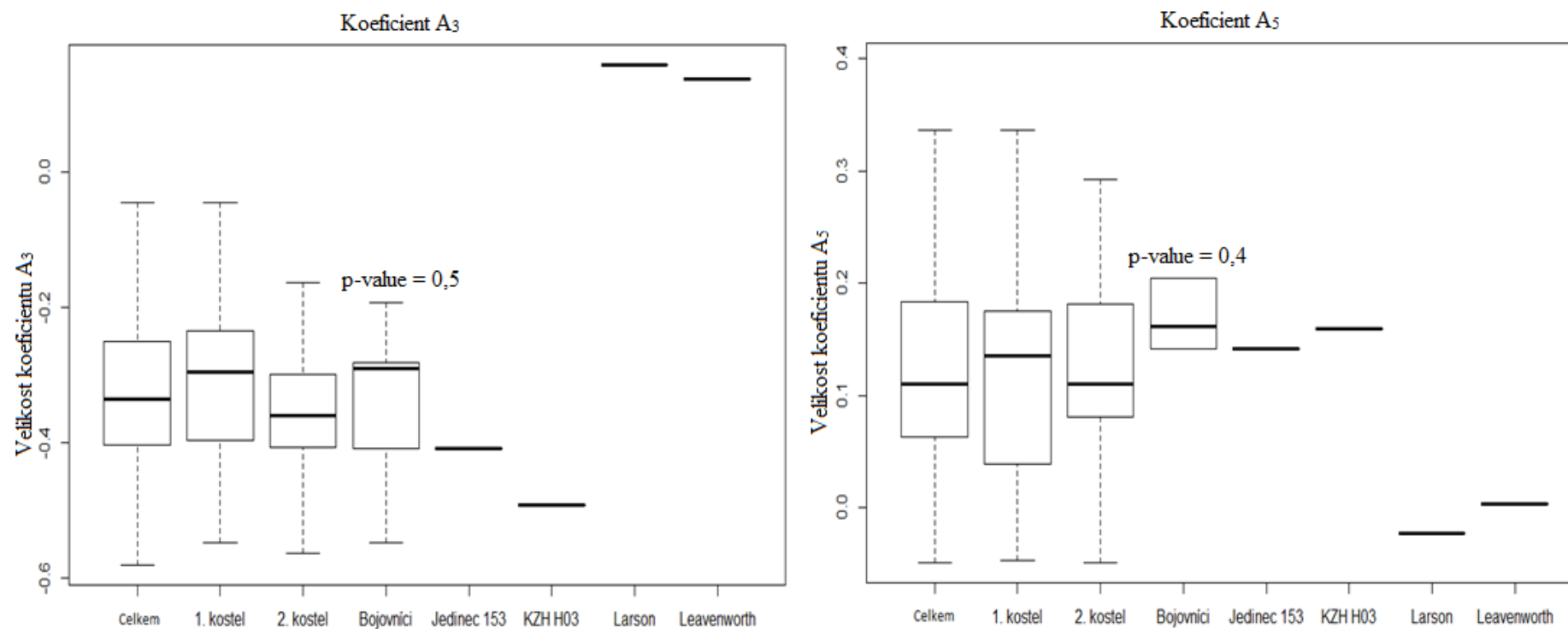
Graf 22: Procentuální zastoupení úponů na hrudní páteři, rozdělené podle souborů a typu remodelace.



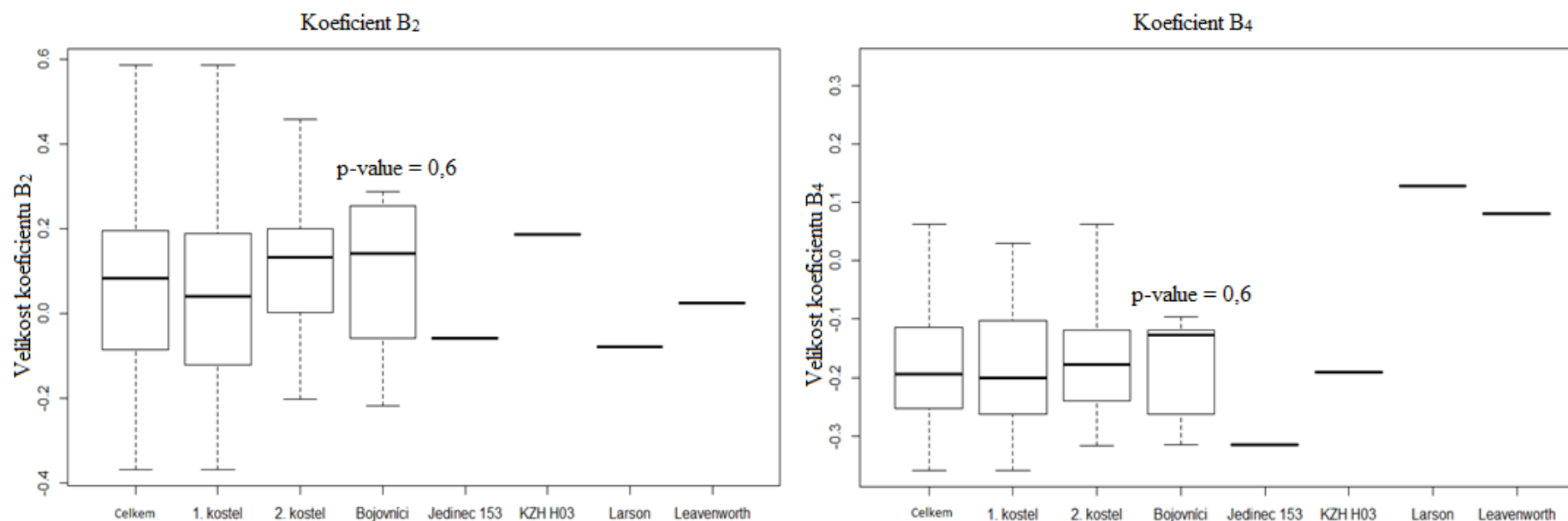
Graf 23: Srovnání hodnot koeficientu  $A_0$  (vlevo) a  $A_1$  (vpravo) mezi populacemi, do grafu zaneseny hodnoty vybraných jedinců H153, KZH H003, průměrné hodnoty Larsenova a Leavenworthova souboru (Erickson et al., 2000, p 478).



Graf 24: Srovnání hodnot koeficientu  $A_3$  (vlevo) a  $A_5$  (vpravo) mezi populacemi, do grafu zaneseny hodnoty vybraných jedinců H153, KZH H003, průměrné hodnoty Larsena a Leavenworthova souboru (Erickson et al., 2000, p 478).

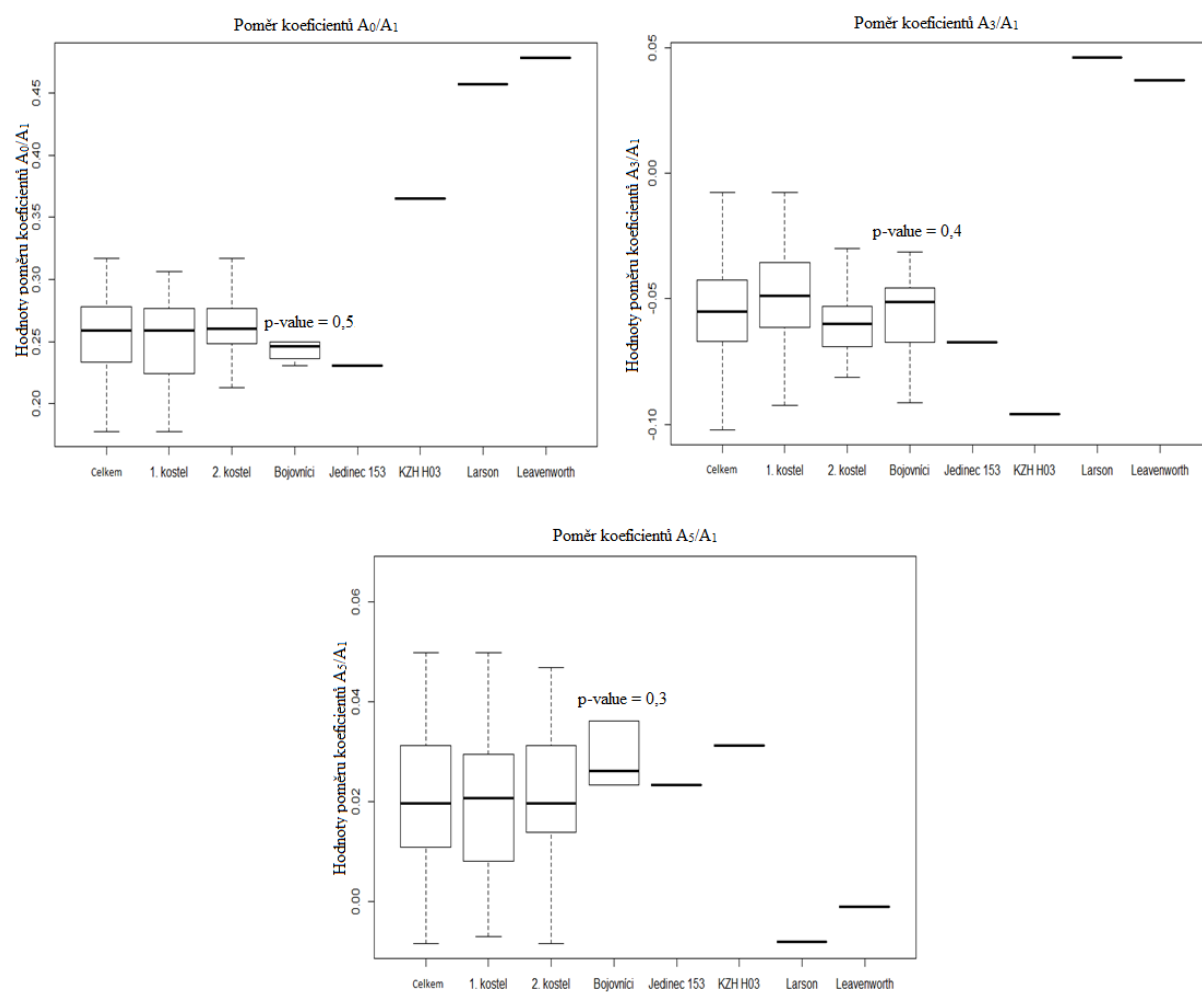


Graf 25: Srovnání hodnot koeficientu  $B_2$  (vlevo) a  $B_4$  (v pravo) mezi populacemi, do grafu zaneseny hodnoty vybraných jedinců H153, KZH H003, průměrné hodnoty Larsena a Leavenworthova souboru (Erickson et al., 2000, p 478).

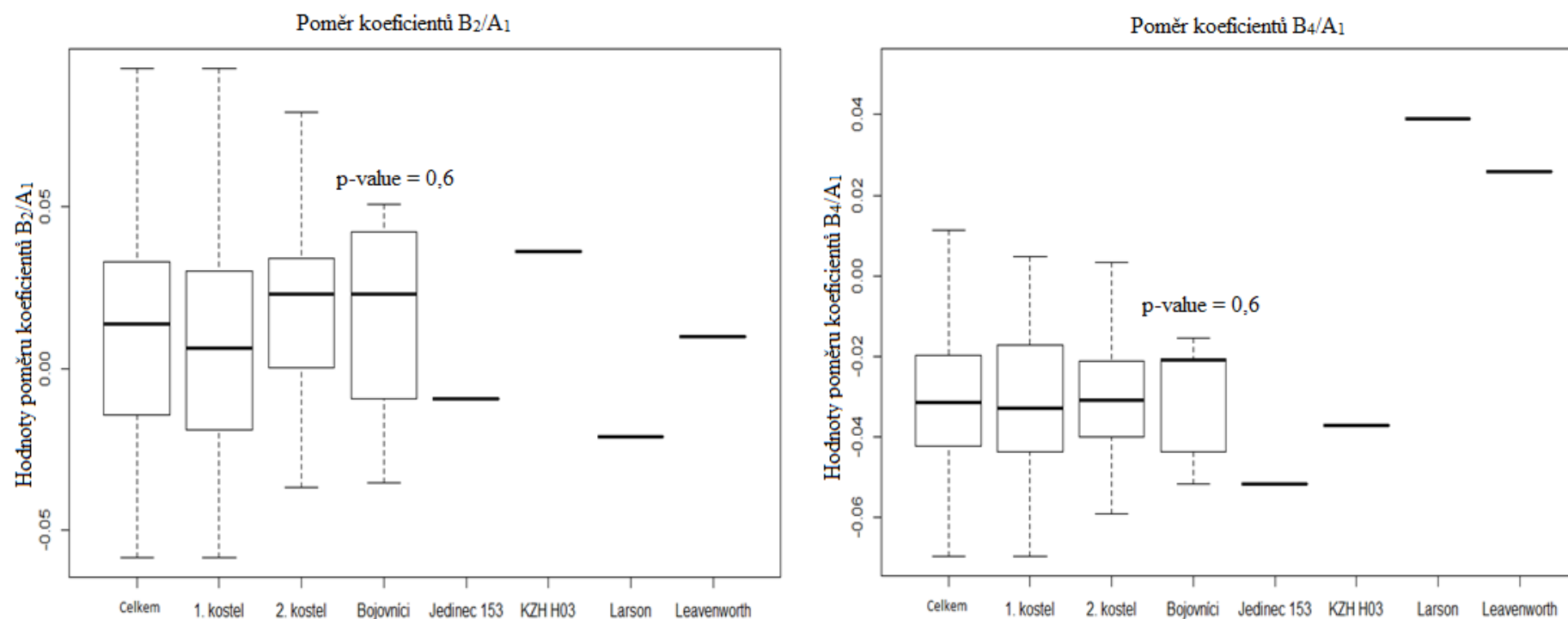




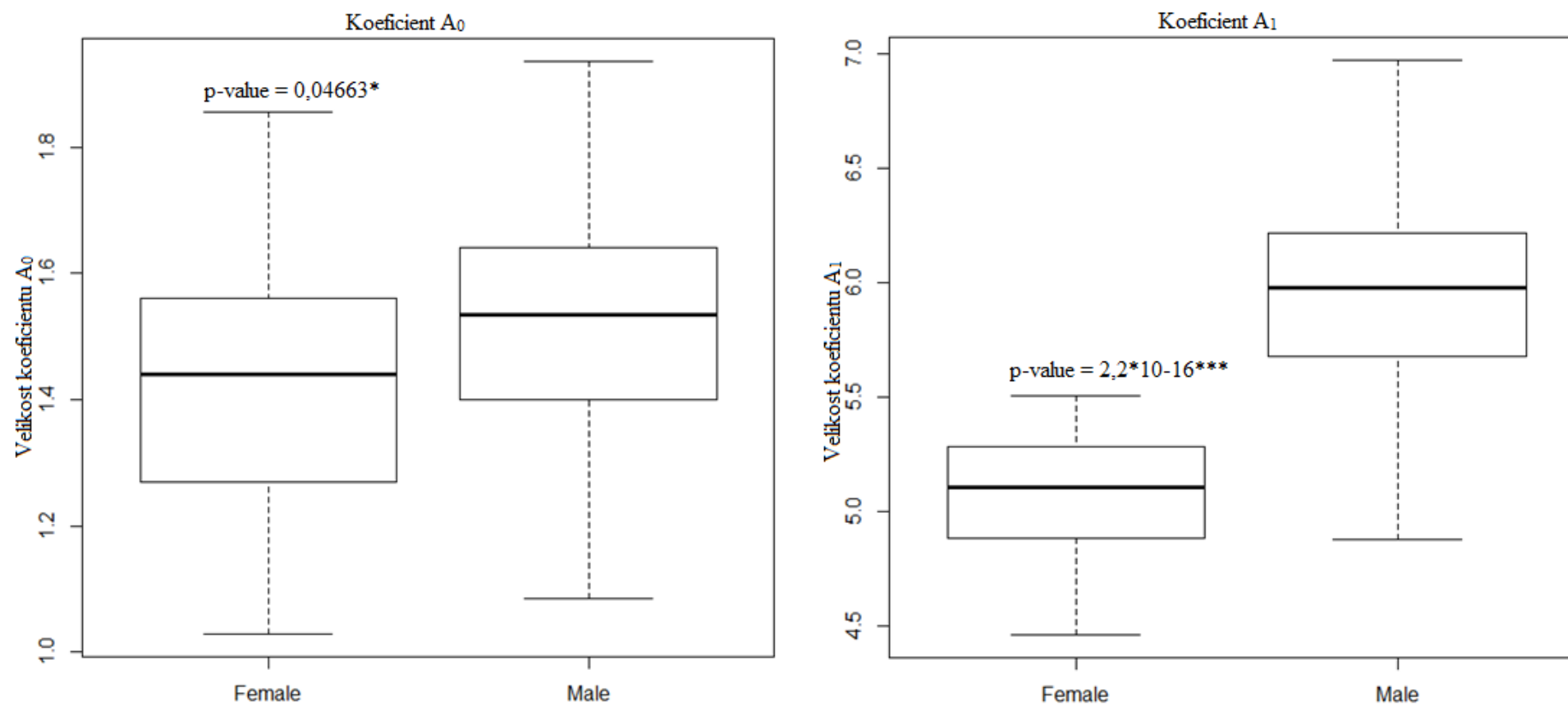
Graf 26: Srovnání hodnot koeficientu  $A_0/A_1$  (vlevo),  $A_3/A_1$  (vpravo) a  $A_5/A_1$  (dole) mezi populacemi, do grafu zaneseny hodnoty vybraných jedinců H153, KZH H003, průměrné hodnoty Larsena a Leavenworthova souboru (Erickson et al., 2000, p 478).



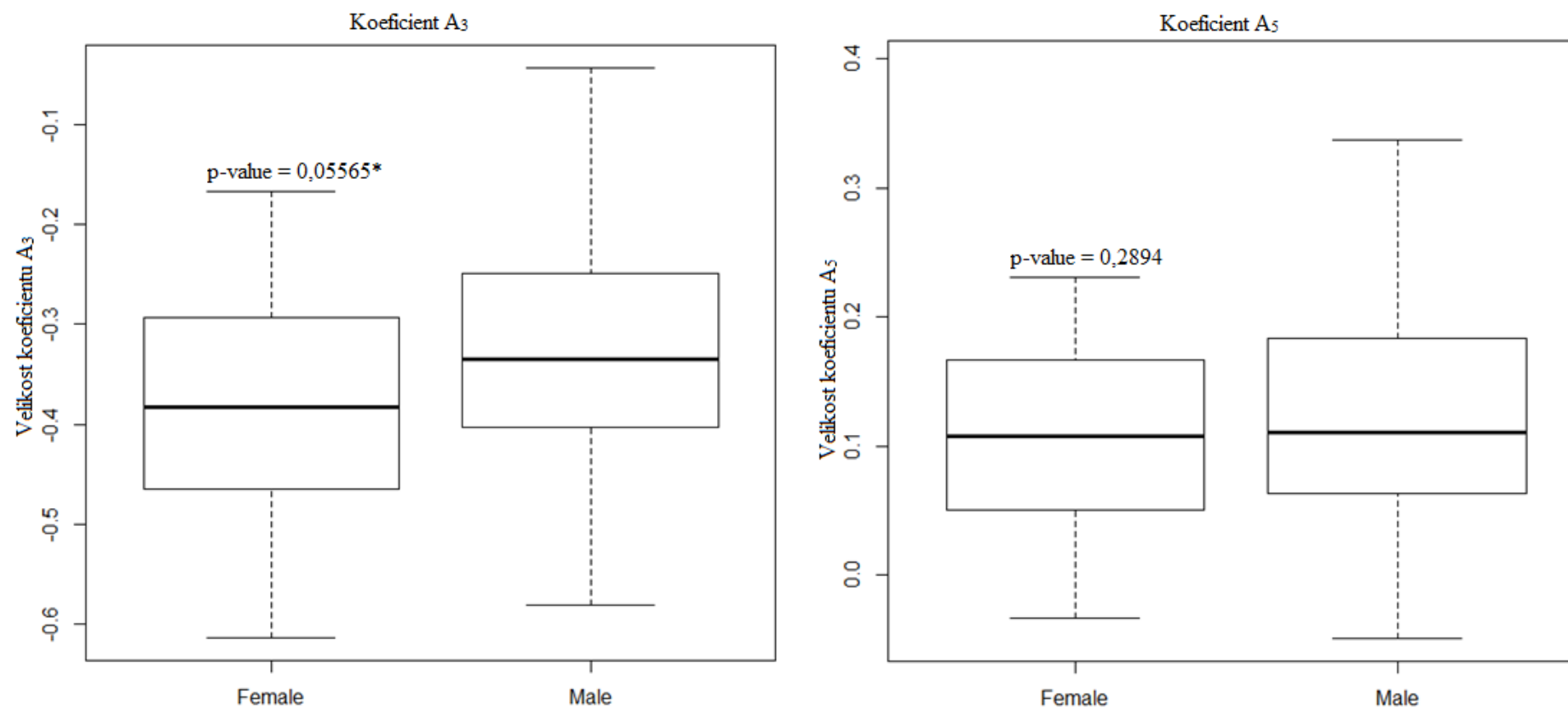
Graf 27: Srovnání hodnot koeficientu  $B_2/A_1$  (vlevo) a  $B_4/A_1$  (vpravo) mezi populacemi, do grafu zaneseny hodnoty vybraných jedinců H153, KZH H003, průměrné hodnoty Larsenova a Leavenworthova souboru (Erickson et al., 2000).



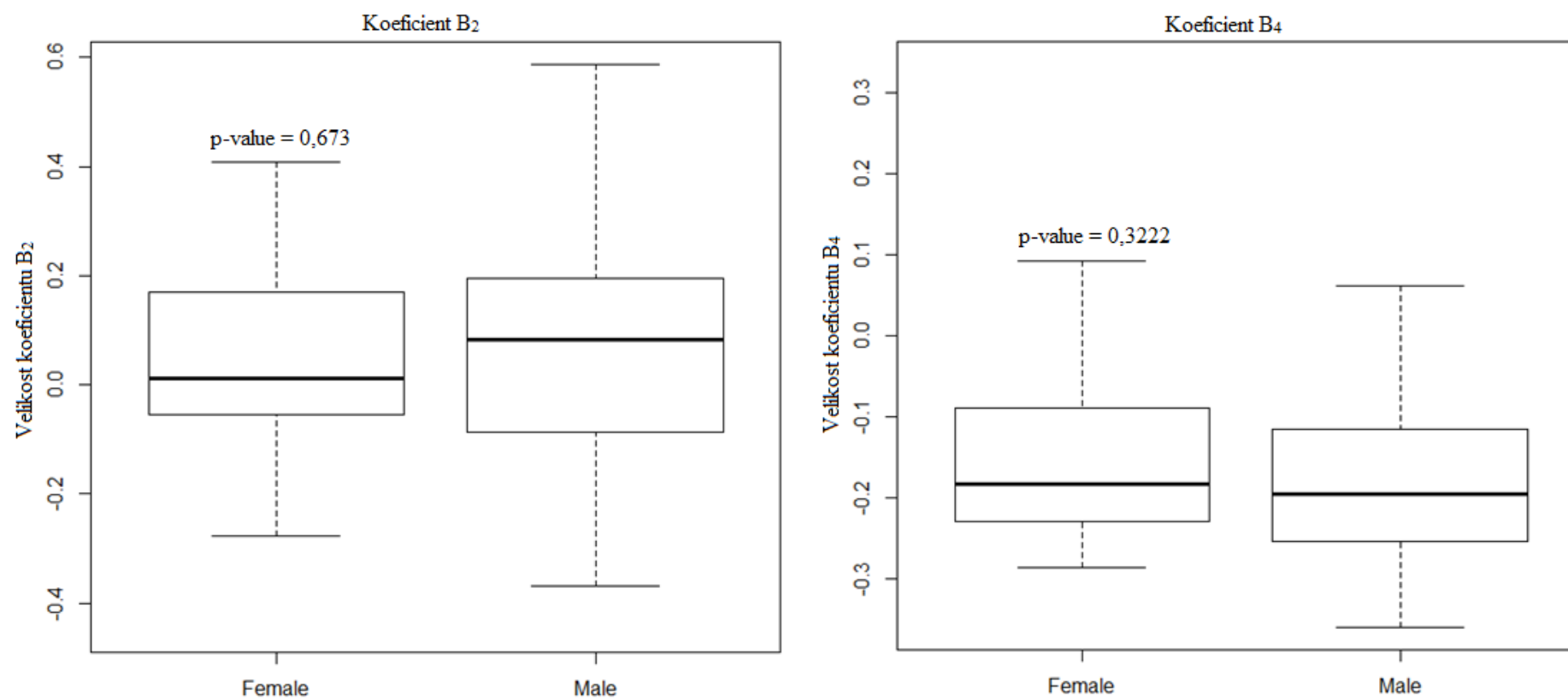
Graf 28: Srovnání hodnot koeficientů  $A_0$  (vlevo) a  $A_1$  (vpravo) mezi muži a ženami.



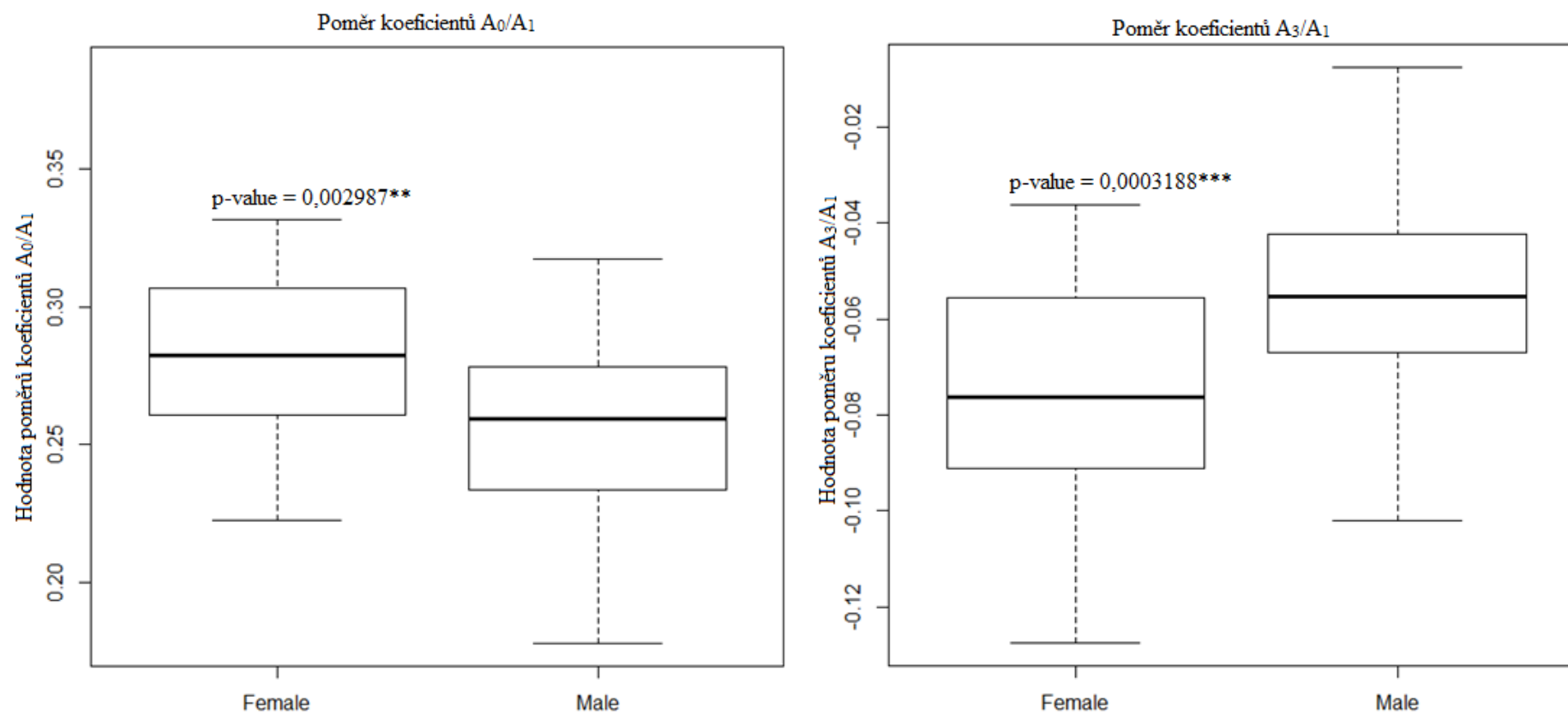
Graf 29: Srovnání hodnot koeficientů  $A_3$  (vlevo) a  $A_5$  (vpravo) mezi muži a ženami.



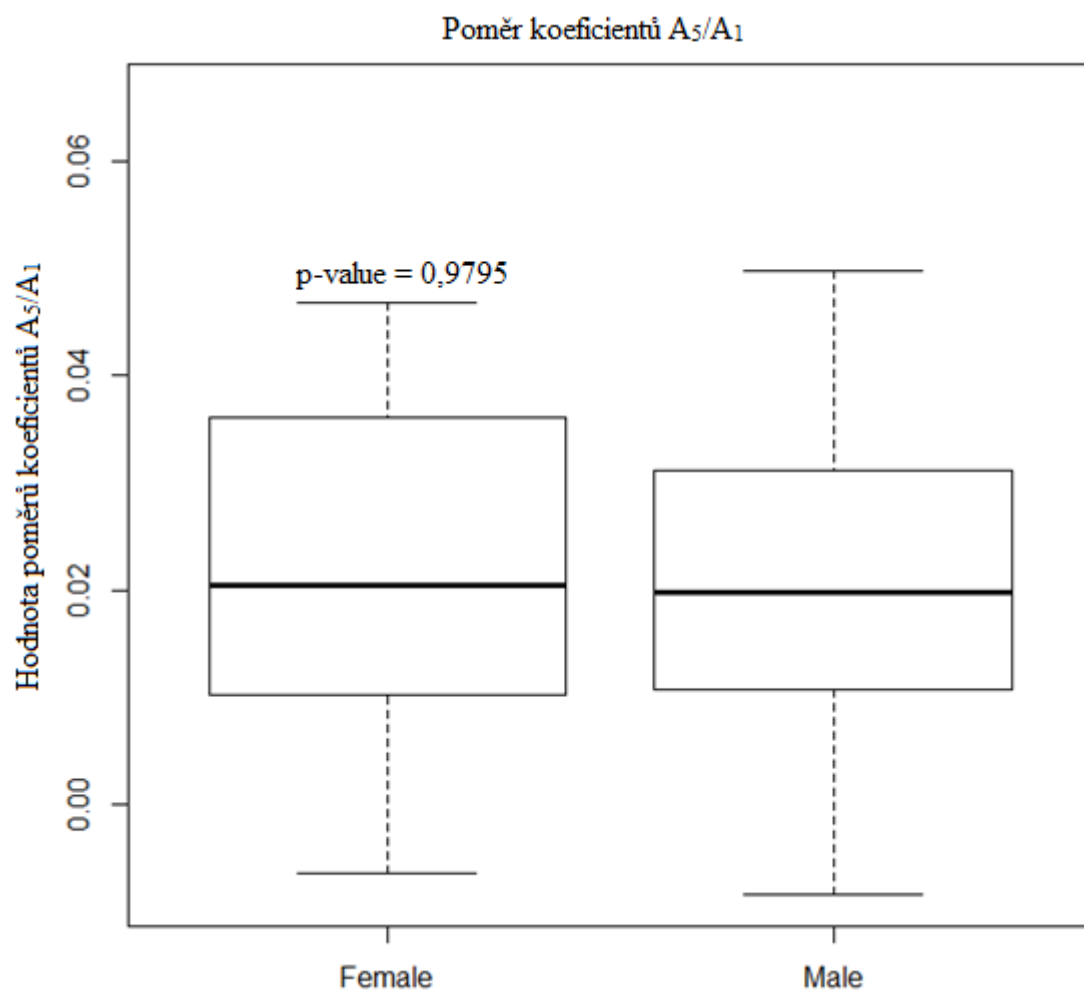
Graf 30: Srovnání hodnot koeficientů  $B_2$  (vlevo) a  $B_4$  (vpravo) mezi muži a ženami.



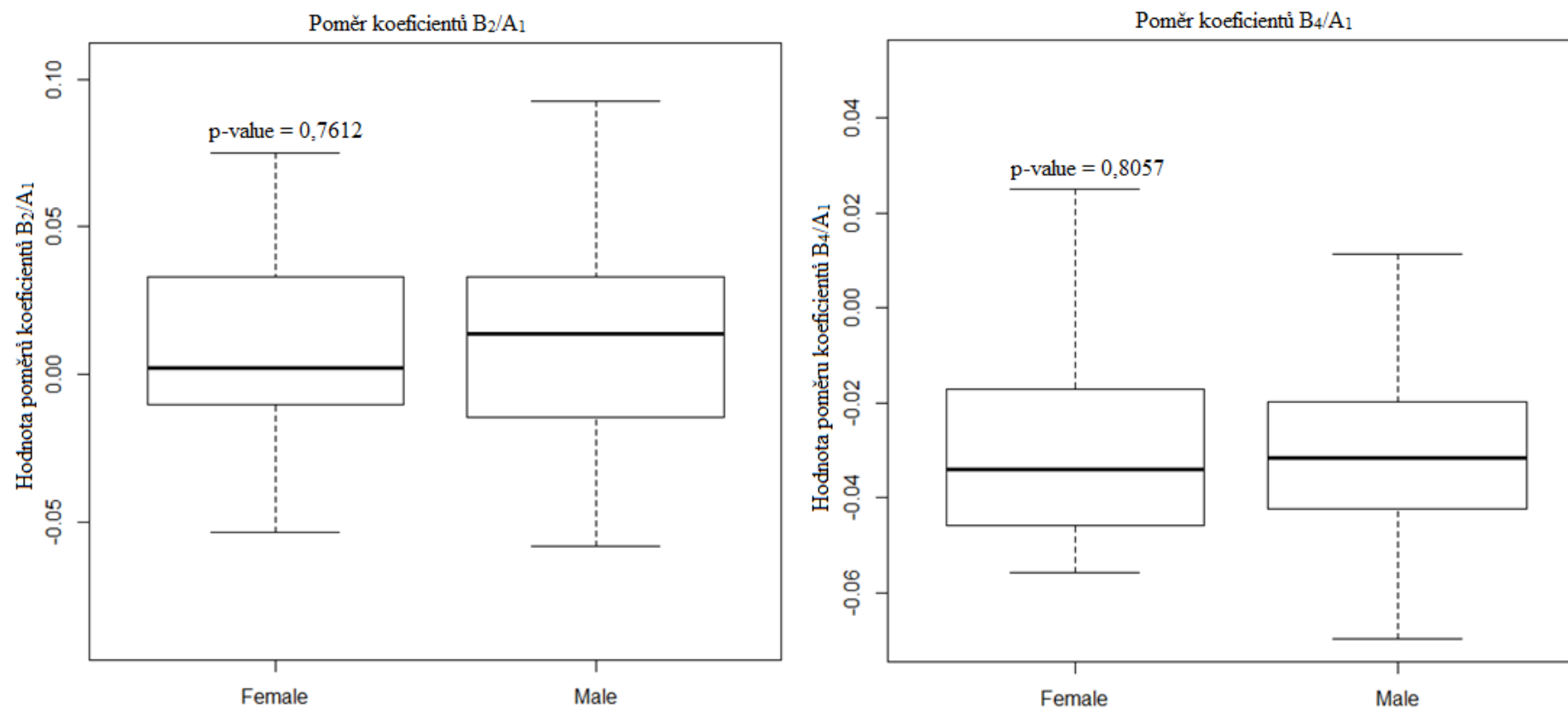
Graf 31: Srovnání hodnot koeficientů  $A_0/A_1$  (vlevo) a  $A_3/A_1$  (vpravo) mezi muži a ženami.



Graf 32: Srovnání hodnot koeficientů  $A_5/A_1$  mezi muži a ženami.



Graf 33: Srovnání hodnot koeficientů  $B_2/A_1$  (vlevo) a  $B_4/A_1$  (vpravo) mezi muži a ženami.





## 10.4. Obrázky

Obr. 1: Nálezová situace jedince KZH H001 (Dresler and Macháček, 2014)

Obr. 2: Nálezová situace jedince KZH H003 nepublikované foto prof. Mgr. Jiří Macháček, Ph.D

Obr. 3: Archeologická lokalita Pohansko u Břeclavi s vyznačenými nalezišti (Dresler, 2010)

Obr. 4: Poloha 1. kostela (1) a rotundy (2) v rámci lokality Pohansko (Čáp et al., 2011)

Obr. 5: Poloha lokality Pohansko-Břeclav v krajině a ve vztahu k dalším mocenským centrům v oblasti. V obrázku je vyznačena oblast údolní nivy a vesnické osídlení v okolí Pohanska-Břeclavi (Dresler, 2012)

Obr. 6: Poloha lokalit Pohansko-Břeclav (2) a Kostice-Zadní hrúd (1) (Dresler et al., 2010)

Obr. 7: Polozemnice s otopným zařízením a pohřbem psa (Macháček et al., 2013)

Obr. 8: Terčové kování se sokolníkem z lokality Staré Město datované do 2. poloviny 9. století (Charvát and Maříková-Vlčková, 2008)

Obr. 9: Nákončí z lokality Komárno-Lodenice, vyobrazující lehce oděného avarského válečníka (Husár, 2005)

Obr. 10: Kruhové kování z lokality Balatonszölös-TSz-istálló, vyobrazuje jezdce v těžkém kroužkovém pancíři (Husár, 2005)

Obr. 11: V horní části obrázku je vyobrazení jízdní bojovník v kroužkové zbroji s kónickou přilbou, v dolní části jezdec sedící na gryfu, oděný do kroužkového pancíře a vyzbrojený lukem, vyobrazení na zlatém džbánu z lokality *Nagyszenthmiklós* (Husár, 2005)

Obr. 12: Vyobrazení karolinských jízdních bojovníků z 10. století (Klučina, 2004)

Obr. 13: Rekonstrukce těžce ozbrojeného karolinského bojovníka z 10. století (Klučina, 2004)

Obr. 14: Vyobrazení karolinských vojáků oděných do šupinového pancíře (vlevo) a kroužkové zbroje (vpravo) z 10. století (Klučina, 2004)

Obr. 15: Vyobrazení karolinské bojovníka bez ochranného oděvu, s přilbou štítem a kopím z žaltáře z Corbie datováno do 8. – 9. století (Husár, 2005)

Obr. 16: Vyobrazení karolinské bojovníka bez ochranného oděvu, s přilbou štítem a kopím z 10. století (Klučina, 2004)

Obr. 17: Model 1 lehce oděný jízdní bojovník

Obr. 18: Model 2 těžce oděný jízdní bojovník

Obr. 19: Model 3 rolnický branec bez ochranného oděvu ozbrojený lukem

- Obr. 20: Metoda rekonstrukce kontury acetabula (Erickson et al., 2000, p 476). Na obrázku je znázorněno rozdělení oblouku úhly  $0^\circ$  až  $90^\circ$  a  $0^\circ$  až  $-90^\circ$ , odsazení  $A_0$ , směr koeficientu  $A_1$  a radius  $R$  určující základní tvar
- Obr. 21: Fotografie acetabula upravená v programu ImageJ pro měření Fourierových koeficientů
- Obr. 22: Fourierův koeficient  $A_1$  popisuje základní tvar (plná čára), přidáním dalších koeficientů je tvar modifikován specifickým způsobem. Kladné a záporné hodnoty mají opačný směr působení. Koeficienty  $A$  mění tvar symetricky podle středové osy, koeficienty  $B$  způsobují asymetrické změny vůči středové ose
- Obr. 23: Srovnání průměrného tvaru mužského (černě) a ženského (zeleně) acetabula ve skutečném měřítku (vlevo), Srovnání průměrného tvaru mužského (černě) a ženského (zeleně) acetabula v poměru 1:1 (vpravo)

Obrázek 1: Nálezová situace jedince KZH H001 (Dresler and Macháček, 2014)



Obrázek 2: Nálezová situace jedince KZH H003 nepublikované foto prof. Mgr. Jiří Macháček, Ph.D





Obrázek 3: Archeologická lokalita Pohansko u Břeclavi s vyznačenými nalezišti (Dresler, 2010)



Archeologicky doložené osídlení (území vymezené čárkovanou čarou), prokoumané větší plochy na podkladu letecké fotografie z roku 1938. (foto archiv LMS AČR Dobruška)

VD – velmožský dvorec

ZP – žárové pohřebiště

PV – průkop valem

LS – tzv. lesní školka

LH – Lesní hrúd

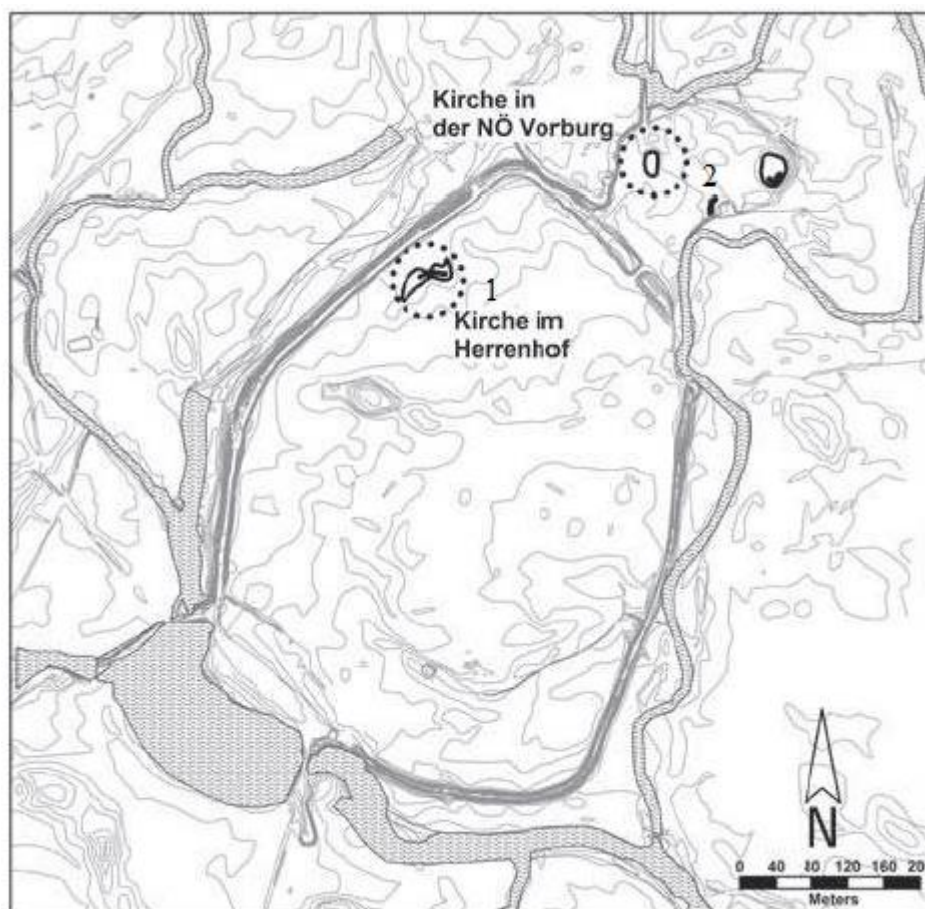
PZ – před záměčkem

SP – severovýchodní předhradí

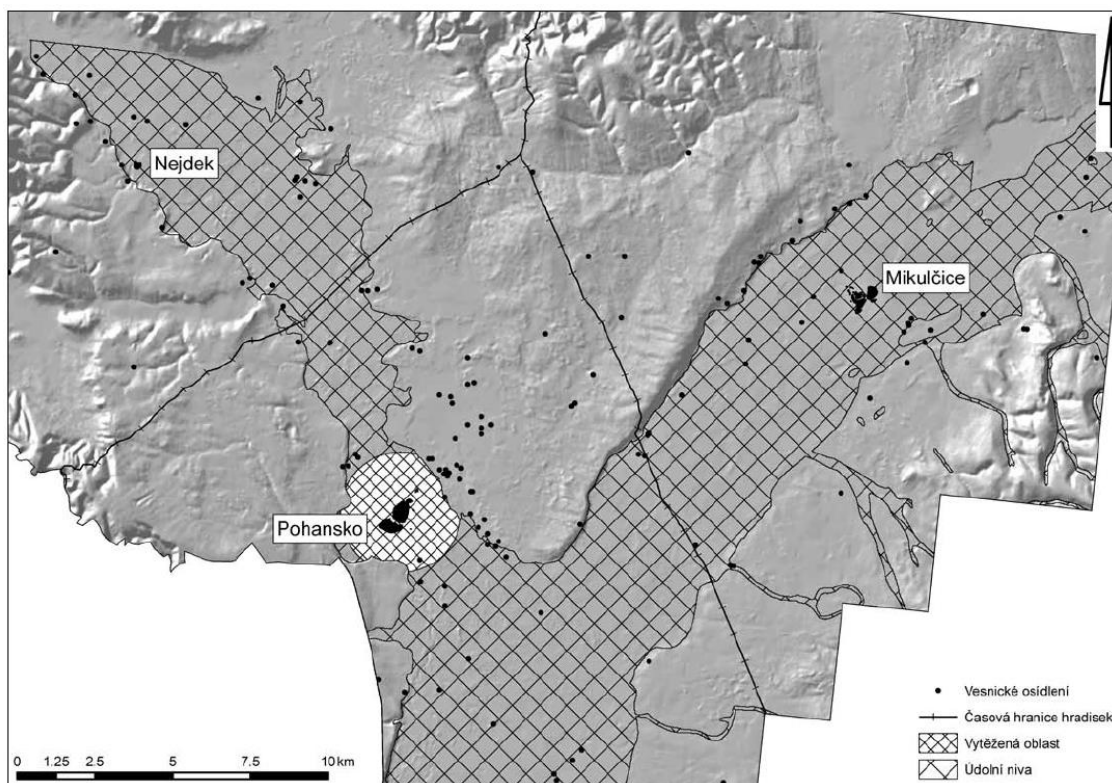
VB – východní brána

JP – jihozápadní předhradí

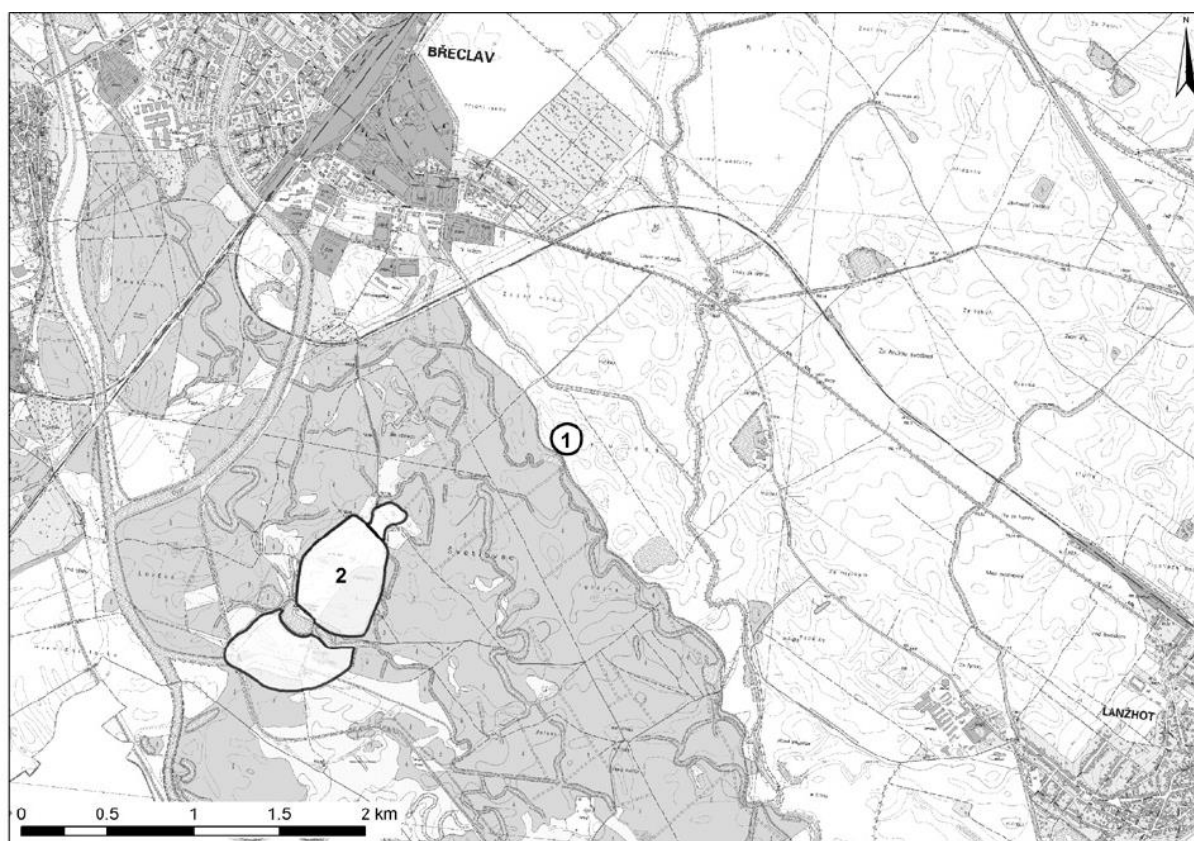
Obrázek 4: Poloha 1. kostela (1) a rotundy (2) v rámci lokality Pohansko-Břeclav (Čáp et al., 2011)



Obrázek 5: Poloha lokality Pohansko-Břeclav v krajině a ve vztahu k dalším mocenským centrům v oblasti. V obrázku je vyznačena oblast údolní nivy a vesnické osídlení v okolí Pohanska-Břeclavi (Dresler, 2012)



Obrázek 6: Poloha lokalit Pohansko-Břeclav (2) a Kostice-Zadní hrád (1) (Dresler et al., 2010)





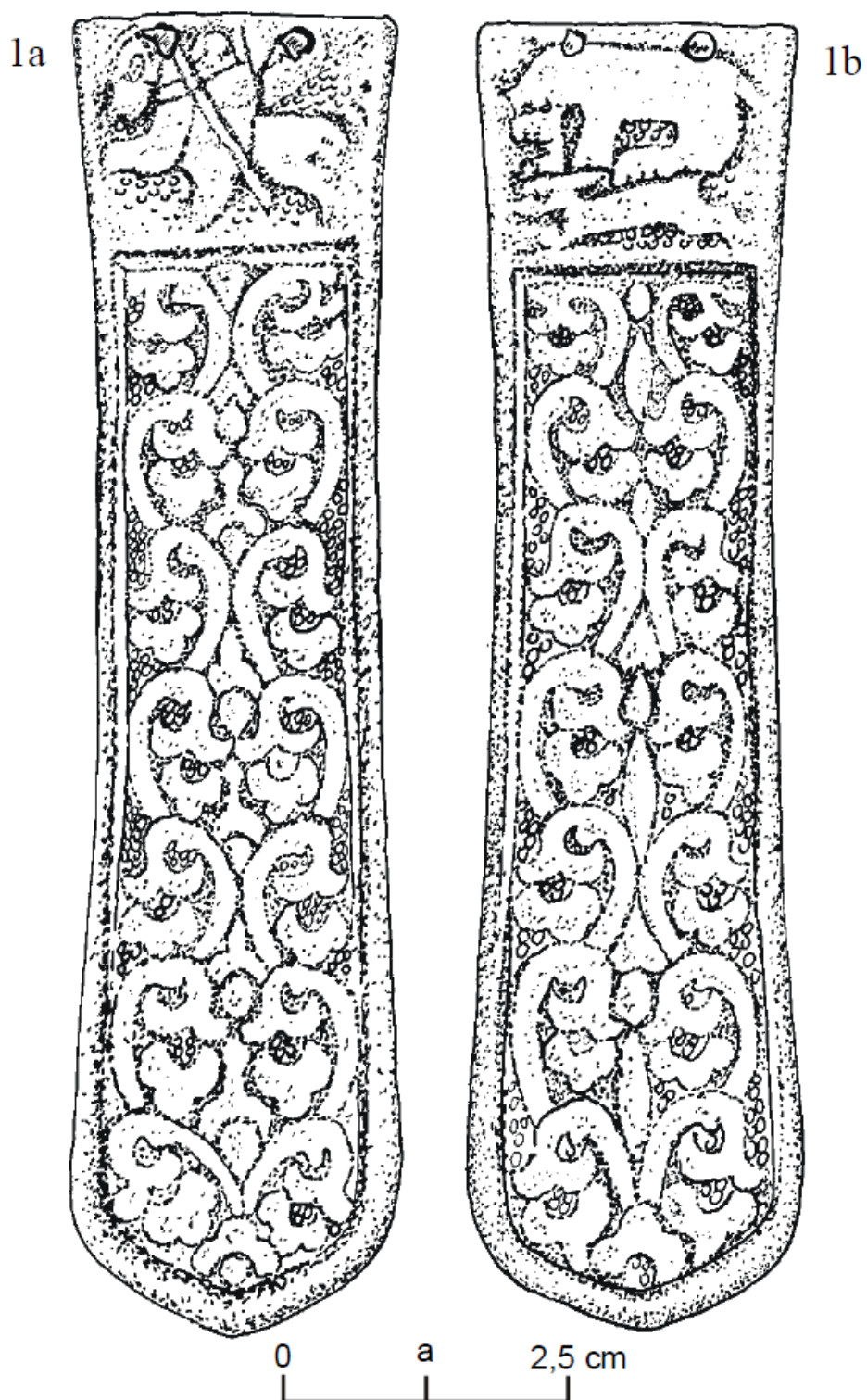
Obrázek 7: Polozemnice s otopným zařízením a pohřbem psa (Macháček et al., 2013)



Obrázek 8: Terčové kování se sokolníkem z lokality Staré Město datované do 2. poloviny 9. století (Charvát and Maříková-Vlčková, 2008)



Obrázek 9: Nákončí z lokality Komárno-Lodenice, vyobrazující lehce oděného avarského válečníka (Husár, 2005)





Obrázek 10: Kruhové kování z lokality Balatonszőlős-TSz-istálló, vyobrazuje jezdce v těžkém kroužkovém pancíři (Husár, 2005)



Obrázek 11: V horní části obrázku je vyobrazení jízdní bojovník v kroužkové zbroji s kónickou přilbou, v dolní části jezdec sedící na gryfu, oděný do kroužkového pancíře a vyzbrojený lukem, vyobrazení na zlatém džbánu z lokality Nagyszentmiklós (Husár, 2005)



Obrázek 12: Vyobrazení karolinských jízdních bojovníků z 10. století (Klučina, 2004)



Obrázek 13: Rekonstrukce těžce ozbrojeného karolinského bojovníka z 19. století (Klučina, 2004)





Obrázek 14: Vyobrazení karolinských vojáků oděných do šupinového pancíře (vlevo) a kroužkové zbroje (vpravo) z 10. století (Klučina, 2004)





Obrázek 15: Vyobrazení karolinské bojovníka bez ochranného oděvu, s přilbou štítem a kopím z žaltáře z Corbie datováno do 8. – 9. století (Husár, 2005)



Obrázek 16: Vyobrazení karolinské bojovníka bez ochranného oděvu, s přilbou štítem a kopím z 10. století (Klučina, 2004)



Obrázek 17: Model 1 lehce oděný jízdní bojovník



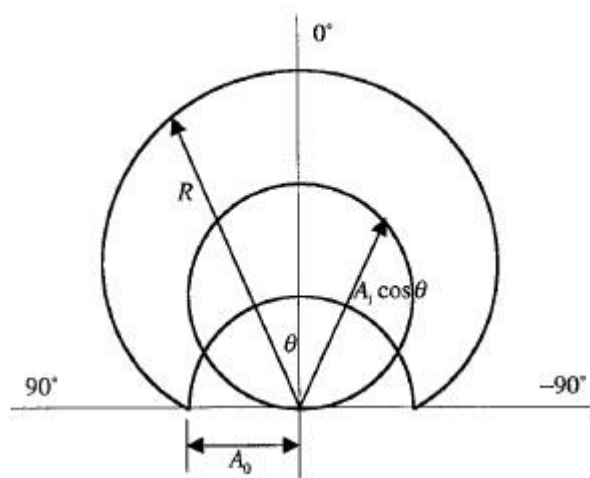
Obrázek 18: Model 2 těžce oděný jízdní bojovník



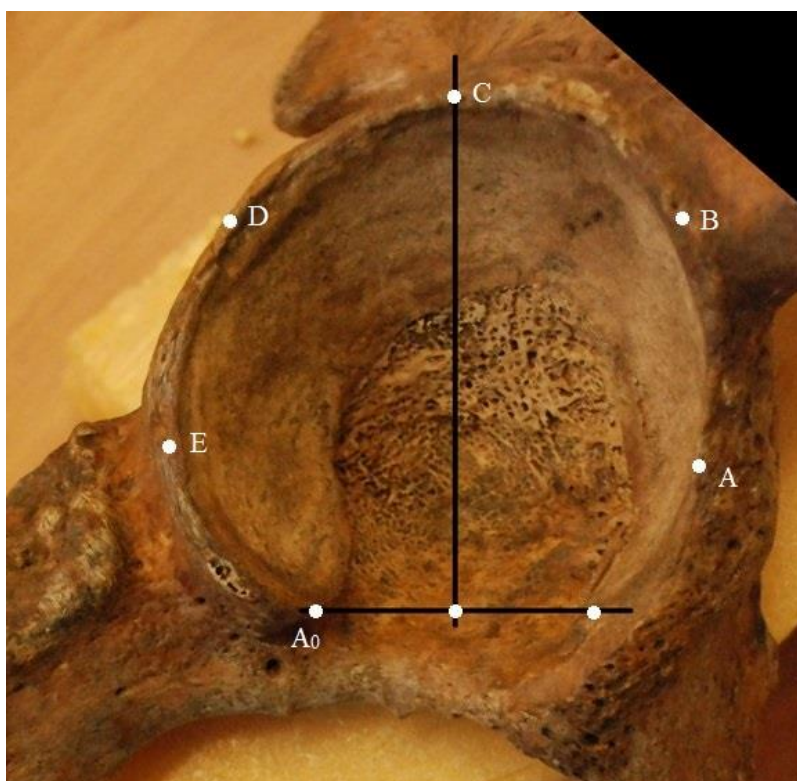
Obrázek 19: Model 3 rolnický branec bez ochranného odění ozbrojeného lukem



Obrázek 20: Metoda rekonstrukce kontury acetabula (Erickson et al., 2000, p 476). Na obrázku je znázorněno rozdělení oblouku úhly  $0^\circ$  až  $90^\circ$  a  $0^\circ$  až  $-90^\circ$ , odsazení  $A_0$ , směr koeficientu  $A_1$  a radius  $R$  určující základní tvar

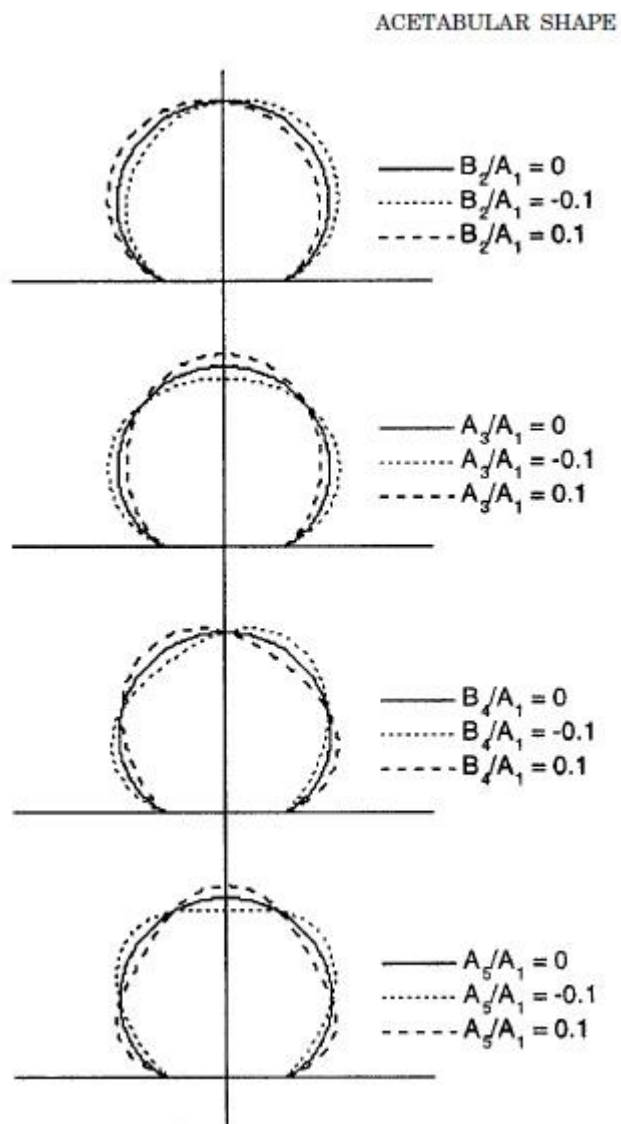


Obrázek 21: Fotografie acetabula upravená v programu ImageJ pro měření Fourierových koeficientů



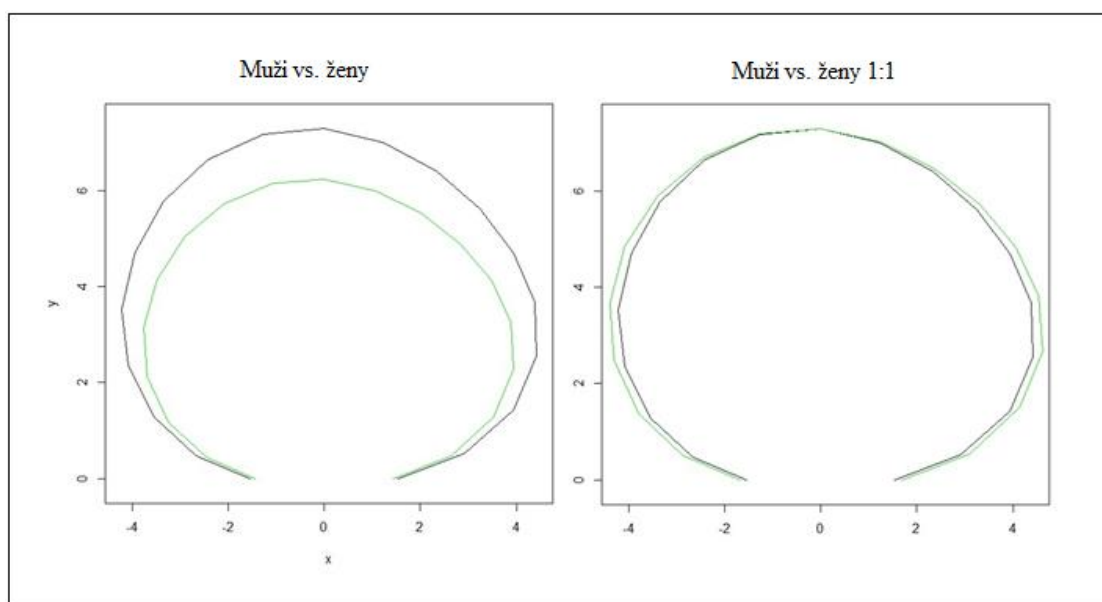


Obrázek 22: Fourierův koeficient  $A_1$  popisuje základní tvar (plná čára), přidáním dalších koeficientů je tvar modifikován specifickým způsobem. Kladné a záporné hodnoty mají opačný směr působení. Koeficienty  $A$  mění tvar symetricky podle středové osy, koeficienty  $B$  způsobují asymetrické změny vůči středové ose





Obrázek 23: Srovnání průměrného tvaru mužského (černě) a ženského (zeleně) acetabula ve skutečném měřítku (vlevo), Srovnání průměrného tvaru mužského (černě) a ženského (zeleně) acetabula v poměru 1:1 (vpravo)



## 10.5. Skripty

Skript 1: Skript lineárního klasifikátoru pro program R (<https://en.wikipedia.org>, 2016a; <https://www.r-project.org/>, 2016)

```
perif = read.csv('kvalifikace1.csv', sep='\t')  
X = data.matrix(perif[,2:7])
```

```
W = c(-5.3788, 9.3246, -4.1661, 6.3079, -15.8622, 6.6925)  
W0 = -42.8279  
W = matrix(W, ncol=1, nrow=6)
```

```
result = (X %*% W) + W0  
result = sign(result)  
print(result)
```

```
# perif$sex  
# data.frame(perif$sex, result)
```